Г. Д. КРЫСЕНКО

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПВО

Г. Д. КРЫСЕНКО

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПВО

(Методы и средства управления боевыми действиями)

ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ СССР
МОСКВА — 1966

1-12-4-2
168-66

ВВЕДЕНИЕ

Противовоздушной обороне страны в наше время отводится особо важная роль. Быстрое развитие и совершенствование средств нападения, оснащенных термоядерным оружием, способным нанести стране непоправимый ущерб, в кратчайшее время разрушив важнейшие военные объекты и крупнейшие промышленные, экономические и культурные центры, требует соответствующего развития и средств обороны.

К средствам доставки оружия массового уничтожения в настоящее время относятся стратегические бомбардировщики, баллистические ракеты различных радиусов действия, а также межконтинентальные и глобальные ракеты. Кроме того, как свидетельствует иностранная пресса, разрабатываются космические средства нападения, также способные нести ядерное оружие.

Несмотря на появление новых, более совершенных средств нападения, современная стратегическая авиация как носитель оружия массового уничтожения имеет еще большой удельный вес в системе вооружений, а в большинстве стран является единственным средством воздушного нападения. Стратегические бомбардировщики еще сравнительно длительное время будут представлять собой серьезное и опасное средство нападения. Поэтому наряду с другими видами обороны (противоракетной, противокосмической) противовоздушная оборона страны будет еще в течение многих лет иметь важное значение.

Большой прогресс в развитии и тактике применения средств воздушного нападения (увеличение скоростей стратегических бомбардировщиков, возможность массированного воздушного налета и т. п.) требует серьезного совершенствования системы противовоздушной обороны. Необходимость в разработке новых методов и средств оперативного управления войсками ПВО, соответствующих современным методам ведения боевых операций, возникла уже много лет назад. Этот путь совершенствования противовоздушной обороны заключается в централизации и автоматизации управления всеми средствами ПВО. Следует отметить, что войска ПВО — один из первых родов войск в системе вооруженных сил, где раньше других начала внедряться автоматизация управления боевой техникой и войсками.

Управление войсками в современных условиях — сложнейший процесс, протекающий в большей степени динамично, с участием

большого количества сил и средств, при наличии огромных потоков информации, при большой взаимосвязи всех факторов и всех элементов сложной системы.

Точность управления в значительной степени зависит от полноты и своевременности учета всех факторов, влияющих на ход операции, т. е. от полноты и своевременности поступления информации об окружающих условиях и событиях. Без информации не может быть управления, поэтому вопросы передачи военной информации по каналам связи и переработки ее в различных звеньях системы управления являются важнейшими для процесса управления.

Центральное место в автоматизации процессов управления войсками, и в частности силами и средствами ПВО, отводится электронным вычислительным машинам (ЭВМ). Внедрение их в войска оказалось необходимым не только потому, что они облегчают или в некоторых случаях заменяют труд многих людей, но и потому, что без них невозможно в ограниченное время рассчитать и найти наиболее эффективные варианты оперативно-тактических решений.

В зависимости от соотношения ручного и машинного труда в процессе управления система может быть автоматической или автоматизированной. Если электронные вычислительные машины в системе управления могут полностью заменить человека и исключить его из замкнутого цикла управления, то такая система называется автоматической.

Однако в системах управления военными операциями в силу их специфики (зависимость процессов от большого числа факторов, многочисленность потоков различной категории информации, сложные взаимосвязи, влияние результатов решений на жизнь людей и т. д.) принятие оптимального оперативно-тактического решения является сугубо творческим процессом. Главная функция управления — принятие окончательного решения — остается за человеком-командиром. Поэтому всякая система управления войсками, в том числе и система ПВО, никогда не может быть полностью автоматической, она будет только **автоматизированной.**

Объем задач, выполняемых вычислительной машиной при управлении войсками, будет зависеть в основном от разработки оперативно-тактических и математических основ использования вычислительной техники для управления войсками. От того, насколько полно и глубоко будут проанализированы все процессы управления, насколько удачно будет найдена методика решения всех задач, возникающих при проведении операции, насколько правильно будут определены критерии оценки боевых возможностей своих войск и сил противника и насколько совершенно разработаны алгоритмы решения этих задач, будет зависеть степень использования вычислительных машин, или степень автоматизации системы, при управлении войсками.

Работы по созданию автоматизированных систем управления войсками ведутся в настоящее время во многих странах мира. По данным иностранной печати, подобные системы управления уже создаются для различных родов войск: для управления сухопутными войсками, военно-воздушными силами, военно-морским флотом, войсками ПВО, ПРО и ПКО, для органов тыла, снабжения и ремонта. Для каждой из этих систем разрабатываются специализированные электронные вычислительные машины, способные решать специфические задачи, стоящие перед данным видом вооруженных сил или службой, разрабатываются свои алгоритмы (программы) управления.

Типичным примером автоматизированной системы управления войсками является американская полуавтоматическая система управления активными средствами ПВО — система «Сейдж», подробное описание которой, по данным открытой иностранной печати, приводится в данной книге.

Система «Сейдж» начала разрабатываться более десяти лет назад, имеет ряд существенных недостатков, морально в определенной степени устарела, но ее изучение дает достаточно наглядное представление о принципах построения, составных элементах и работе автоматизированной системы управления войсками ПВО. Системы управления средствами ПВО и другими родами войск, созданные позже и разрабатывающиеся в настоящее время, являются более совершенными, имеют более высокие тактико-технические характеристики, более высокую степень автоматизации (иногда очень близкую к полностью автоматическим системам), однако и в них окончательное решение принадлежит командиру.

Поскольку в военном деле между различными родами войск существуют определенные явные или скрытые взаимосвязи, т. е. все они являются отдельными звеньями общей системы вооруженных сил, то не случайно в последнее время выявилась тенденция создавать комплексные системы автоматизированного управления с большой степенью централизации управления. В этом отношении характерно, например, стремление объединить в единый комплекс системы ПВО, ПРО и ПКО с централизованным управлением с одного центрального командного пункта, которое практически уже частично реализуется путем объединения систем обнаружения и создания единой системы получения данных в интересах ПВО, ПРО и ПКО. Более того, имеется тенденция и в настоящее время уже ведутся работы по созданию единой автоматизированной системы управления всеми вооруженными силами США.

При наличии таких тенденций в развитии системы управления войсками изучение построения и работы системы «Сейдж» и других автоматизированных систем управления средствами ПВО, принципы которых в значительной мере могут быть перенесены и на другие системы управления войсками, имеет важное значение и представляет интерес не только для специалистов, работающих в области ПВО, но и в области других военных систем управления.

Глава 1

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ «СЕЙДЖ»

§ 1. История создания и развития системы «Сейдж». Общие сведения о системе

История. Идея автоматизации системы противовоздушной обороны возникла в США в 1949 г. после создания первых соединений бомбардировщиков стратегической авиации. Последующий количественный рост и резкое качественное изменение носителей современных средств разрушения окончательно убедили американские военные круги в неэффективности существовавшей в то время системы ПВО и заставили приступить к созданию более надежной ПВО за счет автоматизации многих ее звеньев. С этого момента и началась фактически разработка современной автоматизированной системы противовоздушной обороны Североамериканского континента.

Осенью 1949 г. профессор физики Массачусетского технологического института и член Научного консультативного совета ВВС доктор Валли-младший предложил основные идеи построения будущей системы ПВО, которые были рассмотрены и одобрены штабом ВВС США и Научным консультативным советом ВВС.

В конце 1949 г. был создан Комитет по разработке систем ПВО, который возглавил доктор Валли. Рабочие группы этого комитета провели ряд независимых исследований. Одно из них, известное под названием «Проект Чарльза», было проведено под руководством Массачусетского технологического института. Рекомендации, полученные на базе этой исследовательской работы, легли в основу «Проекта Линкольна», разработка которого была начата Массачусетским технологическим институтом летом 1951 г.

В «Проекте Линкольна» были предложены следующие общие принципы организации системы ПВО Североамериканского континента, принятые затем министерством ВВС США:

— возможно более раннее предупреждение о воздушном нападении;

— перехват и уничтожение атакующих бомбардировщиков противника на самых дальних подступах к рубежу бомбометания;

— организация ПВО вокруг важных населенных пунктов и промышленных центров США;

— использование в системе ПВО особо важных объектов подразделений зенитных управляемых реактивных снарядов.

Работа над новой системой ПВО была поручена специально созданной для проведения исследований в области ПВО лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института (г. Лексингтон, шт. Массачусетс). К этой работе было привлечено большое количество научно-технического персонала—около 2000 сотрудников лаборатории, из которых 700 были ученые и инженеры.

Разработка новой системы основывалась на уже разработанных (частично или полностью) отдельных автоматизированных элементах системы ПВО: усовершенствованных радиолокационных системах, автоматических приборах управления огнем, автоматических линиях связи «земля — земля» и «земля — воздух», навигационных системах, управляемых снарядах и пилотируемых самолетах-истребителях, характеристики которых соответствовали характеристикам новейших бомбардировщиков, и т. д. При этом предполагалось, что новая система ПВО не должна полностью заменить прежнюю, а только дополнить и усовершенствовать ее с тем, чтобы обеспечить управление всеми средствами ПВО. Предусматривалось, что новая система использует большой комплекс вычислительных средств для обработки данных ПВО, получаемых в масштабе всей страны.

В 1952 г. были проведены дополнительные исследования по проблемам дальнего обнаружения и перехвата самолетов противника, в результате которых, в частности, было предложено построить ряд линий радиолокационных станций дальнего обнаружения и организовать систематическое воздушное патрулирование.

С точки зрения использования активных средств было решено, что для обеспечения эффективной ПВО глубокого тыла необходимо применять одновременно пилотируемые истребители и зенитные управляемые снаряды, так как защита обширных районов при помощи только ЗУРС с дальностью действия 32—40 *км* («Найк-Аякс») нецелесообразна как в техническом, так и в экономическом отношении. При этом полагалось, что при наличии ЗУРС с более мощной боевой частью и с дальностью, в 10 раз большей, а также при наличии надежной системы обнаружения и управления оборона районов могла бы быть обеспечена при помощи сравнительно небольшого количества батарей ЗУРС. В соответствии с такой точкой зрения сразу же началась разработка ЗУРС дальнего действия типа «Бомарк» в двух вариантах: с дальностью действия 360 *км* (IM-99A) и 640 *км* (IM-99B).

Для руководства всеми силами и средствами ПВО США в августе 1954 г. по предложению объединенной группы начальников штабов армии, авиации и флота было создано командование континентальной ПВО США «Конад», штаб которого находился в г. Колорадо-Спрингс (шт. Колорадо). В его состав вошло командование ПВО ВВС, армии и ВМФ США. Официально функционировать это командование начало с 1 сентября 1954 г.

Главными задачами командования «Конад» в то время были:

— разработка согласованных планов организации ПВО континентальной части США;

— обеспечение во время чрезвычайного положения эффективного управления и использования всех имеющихся военных сил и средств в целях защиты США от воздушного нападения;

— координация действий и средств подразделений ПВО армии, ВВС и ВМФ, с одной стороны, и федеральной администрации гражданской обороны (МПВО) и других организаций, имеющих отношение к ПВО, с другой стороны.

На это командование возложена была также обязанность активно следить за разработкой автоматизированных средств ПВО.

Аналогичное командование было создано и в Канаде, командный пункт которого был расположен в г. Сант-Хьюберт (провинция Квебек).

Для быстрейшего прогресса в области автоматизации средств ПВО одной из первоочередных задач лаборатории Линкольна в это время была демонстрация основных принципов работы новой автоматизированной системы ПВО с помощью опытного образца. Разработка опытного образца системы была завершена в 1955 г., и в 1956 г. проведены его первые испытания. Опытный образец, получивший наименование «Кейп Код Систем», был установлен в здании Массачусетского технологического института в специально оборудованном помещении, выполнявшем роль оперативного центра системы ПВО. В состав образца во время испытаний входили: несколько РЛС небольшой дальности действия, устройство съема и обработки радиолокационной информации (система SDV), телефонные линии для передачи данных, электронная вычислительная машина «Вихрь 1» для обработки информации и управления операциями (решение задачи перехвата), радиолиния передачи данных «земля — воздух», истребитель-перехватчик и самолет-мишень.

Испытания опытного образца системы прошли успешно. Командование ВВС США приняло решение создать автоматизированную систему ПВО в масштабе всей страны. Новая полуавтоматическая система управления активными средствами ПВО получила название «Сейдж» (SAGE — Semiautomatic Ground Environment). Она предполагала строительство некоторого числа связанных между собой оперативных центров, расположенных по всей территории США и оборудованных всеми необходимыми средствами, обеспечивающими мгновенное отображение воздушной обстановки и управление боевыми действиями активных средств ПВО.

В дальнейшем в разработке и строительстве системы приняли участие многие военные научно-испытательные центры и сотни гражданских фирм, основными из которых были ИБМ, «Берроуз», «Белл Телефоун Лабораториз», «Систем Дивелопмент», «Митра», «Вестерн Электрик» и др.

Вопрос о строительстве системы «Сейдж» в 1955 г. рассматривался в конгрессе и сенате США. Были утверждены расходы на создание системы в сумме 2 млрд. долларов, на приобретение земельных участков, постройку зданий, разработку и установку оборудования — 1086 млн. долларов. Кроме того, были выделены ассигнования около 400 млн. долларов на эксплуатационные расходы и около 240 млн. долларов на аренду линий связи.

Считая, что в век сверхзвуковых бомбардировщиков и ракет противовоздушная оборона континента Северной Америки является сложной проблемой и ее лучше решать общими усилиями, по соглашению между правительствами США и Канады 12 сентября 1957 г. было создано Объединенное командование ПВО Североамериканского континента «Норад», штаб которого находится в г. Колорадо-Спрингс. Обе страны в штабе представлены одинаковым числом членов. Главнокомандующим Объединенного командования «Норад» назначен представитель США, заместителем — представитель Канады. Командование «Норад» начало выполнять свои функции с 12 мая 1958 г.

Создание Объединенного межнационального командования привело к необходимости решить ряд вопросов, относящихся к прерогативе США. В соответствии с существующими положениями атомное и ядерное оружие должно постоянно находиться в распоряжении США. В связи с этим сохранено командование ПВО США «Конад» со значительно урезанными функциями, но которому подчинены подразделения, оснащенные ядерным оружием. Штаб этого командования укомплектован только американским персоналом из числа офицеров штаба «Норад».

На командование «Норад» была возложена основная задача оперативного управления всеми средствами и силами ПВО США и Канады для обеспечения противовоздушной обороны Североамериканского континента в соответствии с доктриной ПВО, одобренной правительствами обеих стран.

Кроме того, Объединенное командование должно следить за строительством и быстрейшим вводом в эксплуатацию автоматизированной системы управления средствами ПВО «Сейдж».

В соответствии с принятой доктриной дальнейшее развитие ПВО в США шло двумя путями: по линии организации обороны отдельных пунктов и по линии обороны больших районов.

Министерство армии США, например, считало, что ПВО страны следует строить по принципу пунктовой обороны, используя для этой цели зенитные снаряды «Найк-Геркулес», «Найк-Аякс» и «Хоук», для наведения которых требуются свои специальные радиолокаторы, расположенные вблизи стартовых площадок.

Министерство ВВС же предлагало создать сплошную систему ПВО по всей территории США и Канады и в качестве основного активного средства ПВО использовать снаряды «Бомарк», наведение которых будет осуществляться с помощью системы «Сейдж».

Оба взгляда на построение системы ПВО, по мнению военных

специалистов США, были противоречивыми не только теоретически, но и практически. Имевшиеся в наличии, а также разрабатывавшиеся в то время виды вооружения и технические средства ПВО не были рассчитаны на совместное применение и часто были просто несовместимы друг с другом.

Споры по этим вопросам между двумя министерствами имели в основе не только тактические противоречия, но и отражали конкурентную борьбу за заказы между крупнейшими фирмами, производившими ЗУРС ближнего действия («Найк») и ЗУРС дальнего действия (беспилотные перехватчики «Бомарк»).

Решение этого вопроса затруднялось также сложностью имеющейся техники, поскольку никакая серьезная модификация современных технических средств не могла быть осуществлена без значительной корректуры военных и экономических планов.

Для взаимной увязки всех вопросов построения ПВО был создан специальный орган — Отдел координирования систем ПВО, в задачу которого входила координация вопросов разработки и производства вооружения: радиолокационных комплексов, систем наведения, связи и других составных частей ПВО, обеспечение их установки на позиции и своевременного ввода в эксплуатацию.

Споры о принципах ПВО, ведшиеся длительное время, так и не привели к победе какой-либо концепции. При разработке системы «Сейдж» было предусмотрено использование тех и других принципов и применение тех и других видов ЗУРС.

Когда разработка системы «Сейдж» была закончена, началось ее строительство.

По первоначальным проектам предполагалось строить три типа оперативных центров:

1) для объединенного командования «Норад» — боевой оперативный центр (Combat Operations Center) в г. Колорадо-Спрингс;

2) для командных пунктов районов ПВО — центры боевого управления (Combat Center);

3) для командных пунктов секторов ПВО — центры наведения (Direction Center).

В соответствии с существовавшей в то время организационной структурой ПВО, предусматривавшей деление Североамериканского континента на 8 районов и 31 сектор (29 в США и 2 в Канаде), в системе «Сейдж» сначала было принято решение строить 31 оперативный центр секторов ПВО (центры наведения).

Первый центр наведения, оборудованный вычислительной машиной AN/FSQ-7 и многочисленной другой аппаратурой, был построен на авиационной базе Мак-Гайр (шт. Нью-Джерси) в 1956 г. и после испытаний вступил в строй в июне 1958 г. Второй такой центр был построен в форте Ли (шт. Виргиния). Таким образом, к началу 1959 г. имелись два действующих оперативных центра наведения, размещенные в наземных четырехэтажных зданиях. Другие центры находились в процессе строительства, которое предполагалось завершить к концу 1961 г.

Однако в связи с малой живучестью наземных зданий и разработкой электронно-вычислительных машин на полупроводниковых приборах (AN/FSQ-7A) меньших габаритов программа строительства оперативных центров была пересмотрена, начатые работы по строительству наземных центров на шести авиационных базах (Сеймур Джонсон, Уэбб, форт Нокс, Робинс, Эглин и Скотт) были приостановлены и решено все остальные центры системы «Сейдж» размещать в подземных зданиях.

Впоследствии в связи с сокращением ассигнований на систему «Сейдж» было решено резко сократить количество оперативных центров и построить для них всего девять новых подземных зданий в основном на северо-востоке и севере центральной части территории США, прекратив строительство на западе. В Канаде вместо двух оперативных центров решено строить только один.

Одновременно были предприняты попытки модернизировать строящуюся систему «Сейдж» и приспособить ее для борьбы с межконтинентальными ракетами, т. е. создать систему «Супер Сейдж».

После того как выяснилась невозможность использования системы «Сейдж» для противоракетной обороны, программа ее строительства снова была пересмотрена и ассигнования снова сокращены. После этого было принято решение строительство дорогостоящих подземных центров прекратить, центры боевого управления совмещать с отдельными центрами наведения и общее количество наземных оперативных центров на территории США довести до 21.

В подземном помещении решено построить только боевой оперативный центр «Норад» в горах Шайенн близ г. Колорадо-Спрингс и оперативный центр северного района ПВО в Канаде.

Эти изменения планов привели к задержкам в строительстве системы «Сейдж» и оно было завершено вводом в строй 21-го оперативного центра наведения на территории США в г. Сиу-Сити (шт. Айова) в начале 1962 г. и 22-го подземного оперативного центра в Канаде в г. Норт-Бей (провинция Онтарио) в конце 1963 г. Общая стоимость строительства системы «Сейдж» в США оценивается в 2 млрд. долларов.

Такие же изменения планов имели место и в отношении оснащения системы «Сейдж» активными средствами, и в частности в отношении разработки системы и строительства стартовых площадок для беспилотных перехватчиков «Бомарк».

Исследования и разработка системы беспилотного перехватчика «Бомарк» были начаты в 1950 г. фирмой «Боинг» совместно с Мичиганским научно-исследовательским центром по аэронавтике. В 1951 г. командование ВВС США одобрило основные идеи проекта и обязательство фирмы на поставку оружия и оборудования стартовых позиций. В январе 1959 г. был произведен первый успешный запуск первого образца перехватчика «Бомарк» (IM-99) (цель была перехвачена на расстоянии 460 *км*).

В сентябре 1959 г. на авиабазе Мак-Гайр были оборудованы стартовые позиции для «Бомарк А» (IM-99A), а летом 1961 г. на авиабазе Кинчло — для «Бомарк В» (IM-99B), как являющиеся составными частями системы «Сейдж». Всего на территории США намечалось построить 32 стартовые позиции для обеих модификаций «Бомарк». Затем в связи с общим сокращением ассигнований на систему «Сейдж» решено было сократить их до 14 (12 позиций в США и 2 в Канаде). К июлю 1960 г. было закончено строительство четырех таких позиций. Однако в дальнейшем общее количество проектировавшихся стартовых позиций еще было сокращено и в результате построено всего восемь позиций: пять для «Бомарка А» и три для «Бомарка В». На разработку системы «Бомарк» было затрачено около 2 млрд. долларов.

Общие сведения о системе. Основное назначение полуавтоматической системы управления боевыми средствами ПВО «Сейдж» — обеспечение противовоздушной обороны Североамериканского континента от крылатых летательных аппаратов (самолетов-бомбардировщиков), а также от управляемых снарядов класса «воздух — земля» и ложных целей (ловушек типа «Квейл»). Для выполнения этой основной задачи система «Сейдж» осуществляет следующие функции:

— сбор информации о воздушной обстановке на Североамериканском континенте и на дальних подступах к нему;

— сбор информации о состоянии и боевой готовности имеющихся в распоряжении активных средств ПВО;

— обработку информации о воздушной и наземной обстановке и ее отображение;

— выработку возможных вариантов перехвата воздушных целей противника;

— наведение пилотируемых и беспилотных перехватчиков на цели противника.

Все эти задачи в масштабе всего континента решаются всей системой в комплексе, состоящей из сети взаимосвязанных оперативных центров. Основная роль в выполнении этих задач принадлежит оперативным центрам секторов ПВО.

Большинство из указанных задач выполняется в системе при непосредственном участии и под контролем человека (оператора, командира). В этом смысле она и является полуавтоматической системой в широком смысле этого слова. Степень автоматизации в системе «Сейдж» считается невысокой.

Система «Сейдж» может обеспечить противовоздушную оборону континента и в случае массированных налетов. Активные средства ПВО по усмотрению вышестоящего командования могут перераспределяться между секторами и использоваться на наиболее напряженных участках. Несмотря на значительные преимущества, полученные в результате автоматизации, американские специалисты считают, что система «Сейдж» с позиции современных требований имеет серьезные недостатки:

— не может обеспечить оборону континента от межконтинентальных баллистических ракет и космических объектов;

— недостаточно автоматизирована, вследствие чего требует большого количества обслуживающего персонала;

— несовершенна система отображения: не вся необходимая информация может быть выдана операторам;

— достаточно громоздка: состоит из большого количества оперативных центров и линий связи;

— низка боевая устойчивость: мала живучесть и помехозащищенность системы из-за наличия незащищенных наземных зданий для оперативных центров и большой сети открытых линий связи;

— недостаточна надежность системы из-за сложности системы и большого количества составных элементов;

— велика стоимость системы.

Для устранения или компенсации недостатков, присущих системе «Сейдж», в США предпринимаются различные меры организационного, тактического и технического характера по совершенствованию системы ПВО.

Для обеспечения противоракетной и противокосмической обороны США созданы и совершенствуются системы обнаружения МБР и космических объектов (BMEWS, SPADATS и др.) и ведутся разработки систем ПРО и ПКО.

Для обеспечения боевой устойчивости системы управления средствами ПВО в условиях термоядерной войны были дополнительно созданы другие системы ПВО: так называемая вторичная система ПВО «Бюик» для непосредственной поддержки системы «Сейдж» и ряд мобильных тактических систем ПВО типа «Токс», «Берди», «Хелилифт» и др., позволяющие в течение нескольких часов развернуть и установить тактическую систему ПВО в необходимом месте, нуждающемся в усилении или восстановлении вышедшего из строя участка системы. Эти системы дают возможность быстро организовать ПВО отдельных районов на других территориях, не обеспечиваемых системой «Сейдж». При этом проводятся мероприятия по обеспечению централизованного управления всеми средствами ПВО континента.

Постоянно проводится модернизация и усовершенствование установленных и находящихся в эксплуатации средств и оборудования и замена устаревших. Улучшаются характеристики РЛС, электронных вычислительных машин, аппаратуры отображения, линий передачи данных и т. п., разрабатываются новые, более совершенные образцы различного оборудования, увеличивается степень автоматизации, применяются новые методы конструирования (системы типа «Модикон»), позволяющие быстро модернизировать системы, не допуская их морального старения. Производится замена значительной части устаревших РЛС и расширение системы обнаружения, обновляются устаревшие виды активных средств и их вооружение.

С целью повышения надежности систем продолжаются поиски путей увеличения времени безотказной работы элементов, применяется дублирование, осуществляется автоматический контроль повреждений и неисправностей как внутри оборудования, так и на линиях связи.

Более новые системы делаются более компактными, имеют значительно меньшие габариты. Сроки и стоимость разработок значительно сокращаются.

Значительное внимание уделяется вопросам подготовки кадров: обучению и тренировкам обслуживающего персонала и боевой подготовке экипажей истребителей и личного состава ракетных подразделений.

В мирное время систему «Сейдж» предполагается частично использовать для управления воздушным движением на гражданских авиалиниях по программе «Сатин».

Несмотря на то что в США усиленно ведутся дебаты по созданию противоракетной и противокосмической обороны, командование ПВО Североамериканского континента считает, что система управления активными средствами ПВО «Сейдж» еще некоторое время будет необходима для борьбы с аэродинамическими средствами воздушного нападения, использование которых предполагается еще в течение 10—12 лет *.

§ 2. Организационная структура системы ПВО США. Силы и средства

Ответственность за противовоздушную, противоракетную и противокосмическую оборону Североамериканского континента (включающего территорию США и Канады) несет Объединенное командование «Норад», штаб которого находится в боевом оперативном центре в г. Колорадо-Спрингс (шт. Колорадо). Командованию «Норад» по линии противовоздушной обороны подчиняются все нижестоящие подразделения противовоздушной обороны с их оперативными центрами и штабами, а также все силы и средства ПВО обеих стран.

Континентальная противовоздушная оборона США и Канады построена по районному принципу. Территория обеих стран разделена на восемь районов, оборона каждого из которых обеспечивается соответствующей дивизией ПВО (по американской терминологии — авиадивизией). Из восьми районов ПВО шесть, расположенных на основной территории США, именуются по номерам авиадивизий, которые их обороняют, а два других — по месту их расположения: Аляска и Северный (охватывающий северную часть Канады). Ниже даются наименования районов ПВО и местонахождение их штабов (рис. 1.1):

— 25-й район, авиабаза Мак-Корд (шт. Вашингтон);

* Это предположение американских военных специалистов было высказано в 1961 г.

— 26-й район, Хэнском-Филд (г. Сиракузы, шт. Нью-Йорк);
— 28-й район, авиабаза Гамильтон (шт. Калифорния);
— 29-й район, авиабаза Ричардс-Гебор (шт. Миссури);
— 30-й район, авиабаза Транс-Филд (шт. Висконсин);

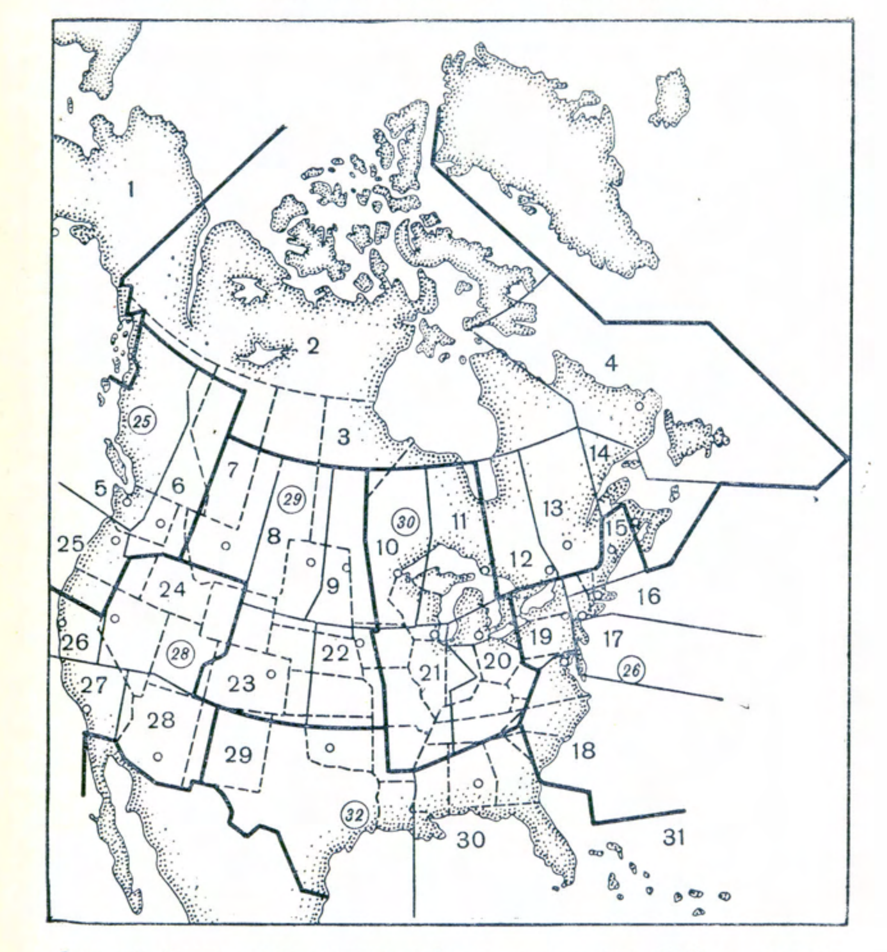


Рис. 1.1. Схема расположения районов и секторов ПВО в системе «Сейдж»

Обозначения: ——— границы районов, – – – – границы секторов, цифры в кружках — номера районов.

— 32-й район, станция ВВС Оклахома-Сити (шт. Оклахома);
— Аляскинский район, авиабаза Элмендорф (в районе Анкеридж‚);
— Северный район, станция ВВС Канады Сент-Хьюберт (в районе Монреаля).

Два последних района обслуживаются 73-й и 64-й дивизиями ПВО и тремя эскадрильями канадских истребителей-перехватчиков.

В состав района ПВО входят несколько (три — пять) секторов ПВО, которые являются низшими и в то же время основными тактическими подразделениями ПВО. Всего в системе «Сейдж» в настоящее время имеется 22 сектора ПВО: 21 сектор на территории США и один сектор в Канаде. Каждый сектор охватывает несколько административных штатов.

В каждом секторе ПВО имеется свой оперативный центр — центр наведения, который оборудован вычислительной машиной AN/FSQ-7, необходимой аппаратурой отображения воздушной обстановки и состояния всех боевых средств сектора и другими средствами, при помощи которых ведется непосредственное управление боевыми действиями ПВО. Оперативный центр сектора связан с большим количеством радиолокационных средств, являющихся основными источниками информации о воздушной обстановке в секторе и за его пределами. (Радиолокационные источники информации подробно описаны в гл. 2.) В распоряжении оперативного центра в качестве активных средств ПВО, предназначенных для непосредственного отражения налета противника, имеются истребители-перехватчики, беспилотные перехватчики «Бомарк» и ЗУРС типа «Найк-Аякс» и «Найк-Геркулес» *. Командир сектора, находящийся на командном пункте своего оперативного центра, управляет действиями по отражению налета (подробно о боевой работе оперативного центра сектора см. гл. 6).

Все оперативные центры наведения, расположенные на территории США (21 центр), размещаются в наземных четырехэтажных зданиях, живучесть которых в условиях термоядерной войны совершенно не обеспечена (рис. 1.2). Самый крупный 22-й оперативный центр в Канаде (г. Норт-Бей) размещается в подземном трехэтажном здании внутри холма высотой 300 *м*. Этот центр должен обеспечить оборону северного района ПВО, охватывающего канадские провинции Онтарио, Квебек, Меритайм и американские территории штата Нью-Ингленд, района Гудзонова залива и северо-западной части страны. В этом оперативном центре также установлена вычислительная машина AN/FSQ-7.

Оперативные центры секторов подчиняются своему вышестоящему оперативному центру — центру управления боевыми действиями дивизии ПВО. В эти центры боевого управления каждый оперативный центр сектора передает обобщенную информацию о воздушной обстановке в своем секторе. Центр боевого управления района руководит боевой работой оперативных центров нескольких секторов, входящих в состав данного района. По первоначальным

* На вооружении частей ПВО до сих пор еще имеется зенитная артиллерия, которая при проектировании системы «Сейдж» считалась еще достаточно эффективным средством ПВО. В настоящее время она потеряла свое значение и почти полностью вытесняется ЗУРС.

проектам системы «Сейдж» каждый центр боевого управления района должен был иметь отдельное здание и оборудоваться несколько другими техническими средствами, в частности вычислительной машиной AN/FSQ-8. Однако в связи с пересмотром планов строительства системы «Сейдж» практически получилось иначе: каждый центр боевого управления района совмещается с каким-нибудь одним оперативным центром сектора своего района. При

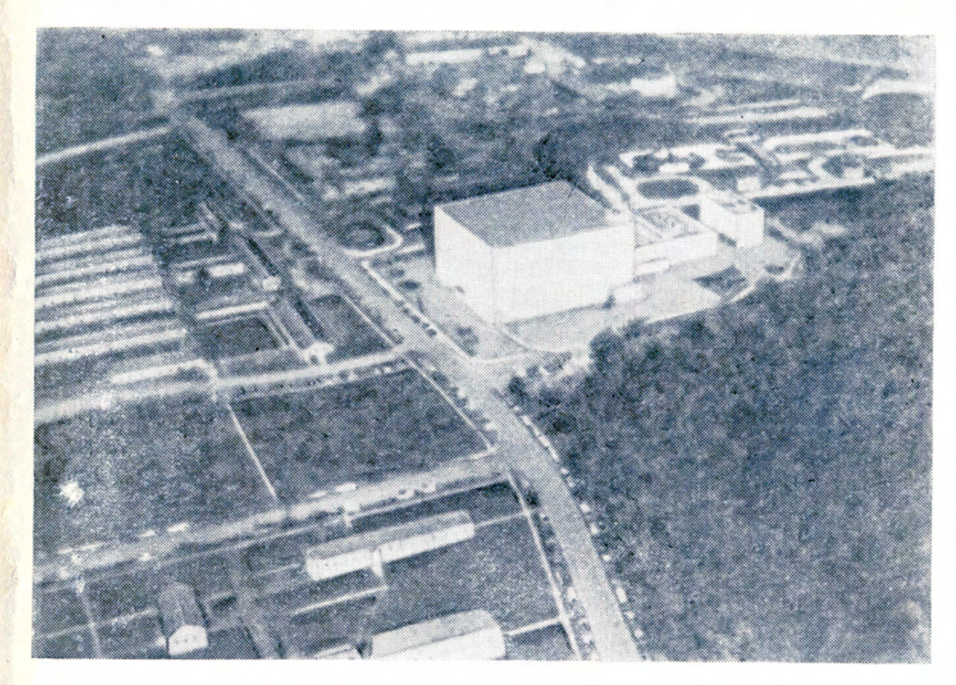


Рис. 1.2. Оперативный центр наведения сектора ПВО

этом три центра боевого управления (25, 26 и 30-го районов) оборудованы вычислительными машинами AN/FSQ-8, два центра (28-го и 29-го районов) будут использовать вычислительную машину AN/FSQ-7 совместно с одним из оперативных центров, а в одном центре (32-го района) операции управления боевыми действиями района ПВО будут производиться как вручную, так и полуавтоматически, но с помощью автоматической аппаратуры отображения данных.

В подземном центре в Канаде (г. Норт-Бей) совмещаются оперативные центры сектора ПВО, Северного района ПВО и штаб-квартира северного участка североамериканского командования ПВО «Норад».

Следует также отметить, что районы городов Денвер и Солт-Мексико системой «Сейдж» не обеспечиваются и в них предпола-

гается использовать свои автономные радиолокационные средства наблюдения и ручные средства управления.

Активные средства ПВО, находящиеся в распоряжении дивизии ПВО, как правило, распределены по секторам, но часть из них предназначена обеспечивать оборону нескольких секторов. Командир района ПВО может перераспределять эти средства и использовать по своему усмотрению.

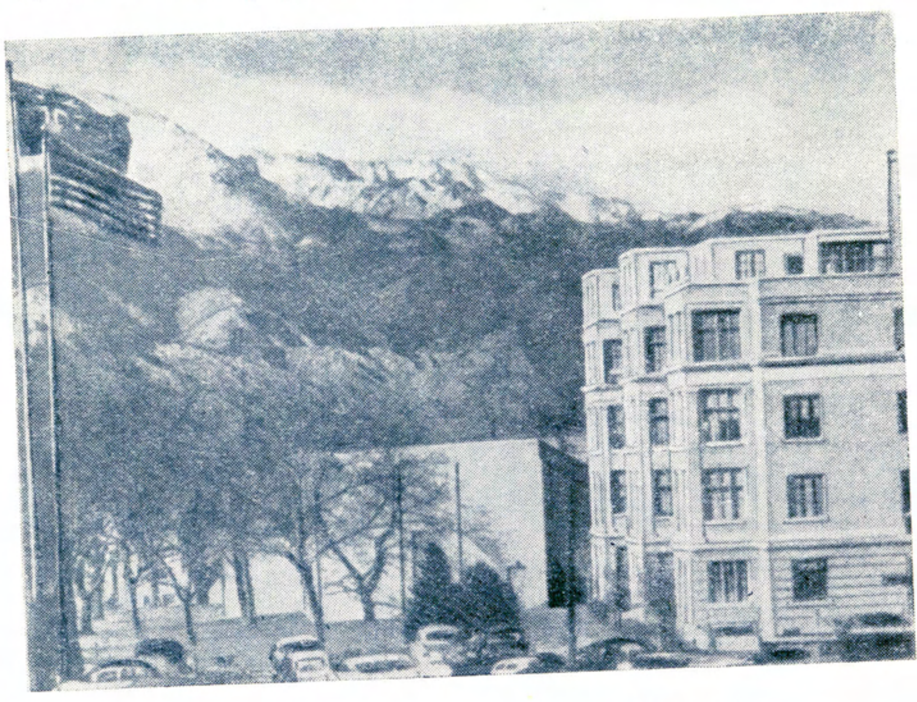


Рис. 1.3. Боевой оперативный центр «Норад»

Все центры боевого управления районов ПВО подчиняются штабу Объединенного командования «Норад», находящемуся на центральном командном пункте боевого оперативного центра в г. Колорадо-Спрингс (рис. 1.3).

Объединенное командование «Норад» осуществляет координацию действий всех боевых средств ПВО, находящихся в его распоряжении. Однако подразделения ПВО, оснащенные ядерным оружием, подчиняются только командованию «Конад», штаб которого формально подчинен командованию «Норад», но укомплектован только американским персоналом из числа офицеров штаба «Норад». В боевой оперативный центр командования «Норад» поступает информация о воздушной обстановке от всех средств обнаружения системы ПВО, находящихся как на территории США и

Канады, так и за их пределами. Оперативный центр «Норад» имеет непосредственную связь с такими системами обнаружения, как BMEWS (системы ПРО), «Спадатс», и другими связанными с ней системами обнаружения (системы ПКО) и получает от них дополнительную, более раннюю информацию о налете.

Для обработки всей поступившей информации в до сих пор действовавшем оперативном центре «Норад» установлена вычислительная машина AN/FSQ-7 (такая же, как машина оператив-

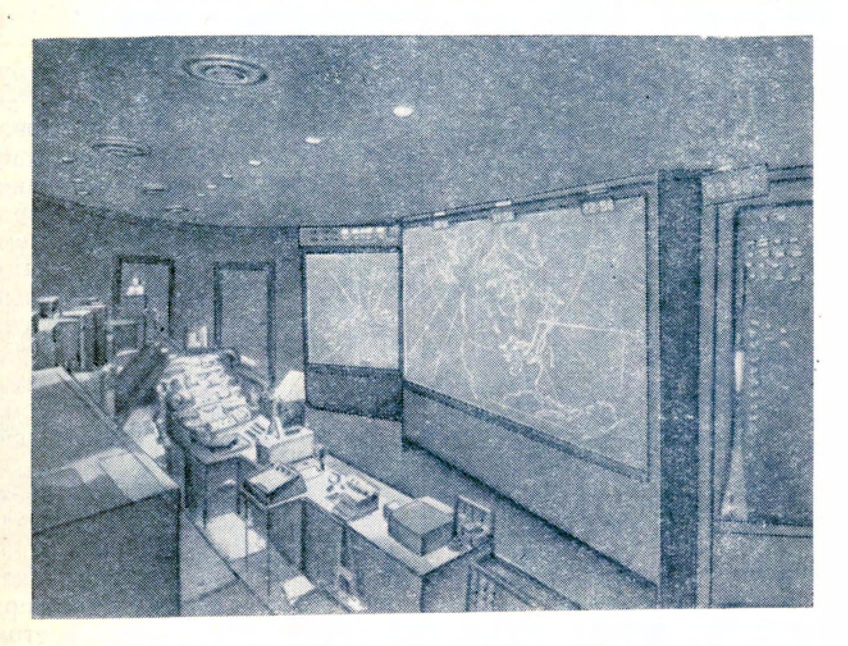


Рис. 1.4. Внутренний вид командного пункта «Норад»

ного центра сектора). Центр связан с различными источниками информации, другими центрами управления и объектами ПВО обширной сетью линий связи различного типа, насчитывающей в общем около 60 каналомиль.

Аппаратура отображения в этом центре представляет собой большой экран системы «Иконорама», на котором немедленно отображается положение всех объектов, обнаруженных сетью радиолокационных станций, как над территорией США и Канады, так и на большом удалении от них (рис. 1.4). В центре быстро оценивается вся сосредоточенная здесь информация и в случае обнаружения налета противника объявляется боевая тревога, устанавливается соответствующая боеготовность для частей и средств ПВО, организуется оповещение всей страны о воздушной угрозе и принимаются решения о способах и средствах отражения налета.

Основная идея, положенная в организацию ПВО, заключается в том, чтобы непрерывно атаковать средства противника на максимально большей части их маршрута полета. На пути к цели бомбардировщики противника подвергаются атаке пилотируемых истребителей-перехватчиков большой дальности действия, затем против них применяются беспилотные перехватчики «Бомарк». Если они еще не будут сбиты, то попадут в зону действия ЗУРС «Найк».

Командование «Норад» будет также иметь непосредственную связь с командованием стратегической авиации США, ответственным за нанесение ядерных ударов по противнику, и с командованием всеми вооруженными силами США, основной командный пункт которого намечено иметь в Пентагоне. (В 1962 г. принято решение создать единую автоматизированную систему управления вооруженными силами США — НМКС.)

Рис. 1.5. План расположения сооружений подземного оперативного центра «Норад»:

1 — северный входной туннель; *2* — южный входной туннель; *3* — вентиляционный туннель; *4* — основные помещения оперативного центра; *5* — подземные резервуары для запасов воды; *6* — коммуникации коммунально-бытового назначения

Действовавший до настоящего времени боевой оперативный центр размещен в наземном четырехэтажном здании, которое легко уязвимо при атомном нападении. С учетом этого обстоятельства новый боевой оперативный центр «Норад» решено сделать укрытым и разместить под землей в горах Шайенн, близ г. Колорадо-Спрингс (рис. 1.5). В настоящее время почти закончено строительство этого центра, который будет размещен на глубине 700 *м* (рис. 1.6). Общая площадь подземных сооружений превысит 16 000 $м^2$. Восемь наиболее крупных помещений будут иметь три этажа общей высотой 18 *м*. Здесь расположатся рабочие места для одновременной работы одной смены из 250 человек, а в случае бессменной работы во время войны в них предполагается организовать спальни, столовые и госпитали на 750 человек (три смены). Входы в убежище будут закрываться массивными взрывоустойчивыми бронированными дверями весом до 14 *т* каждая. Специальные фильтры будут задерживать радиоактивную пыль, отравляющие вещества и бактерии. В центре будут собственные системы водоснабжения, энергопитания, отопления и кондиционирования воздуха.

Подземный центр спроектирован якобы с таким расчетом, чтобы обслуживающий персонал мог находиться в нем безвыходно в течение пяти суток независимо от условий на поверхности земли,

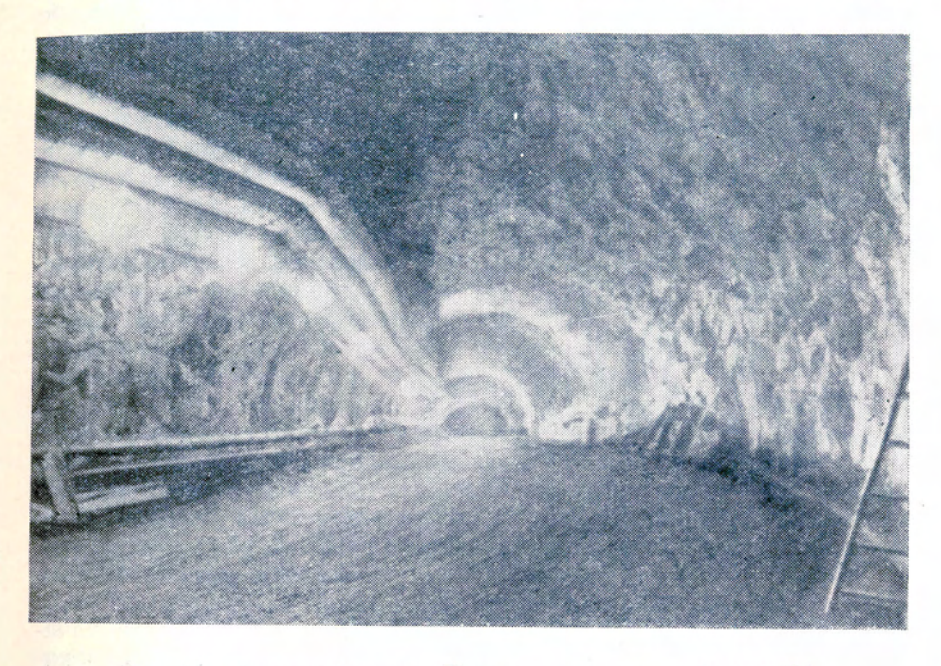


Рис. 1.6. Подземный центр «Норад» в процессе строительства

возникших в результате применения оружия массового поражения. Для устранения ударного воздействия атомного взрыва и обеспечения нормальной работы радиоэлектронного оборудования здания центра не будут непосредственно соприкасаться со стенами и потолком подземных помещений и будут установлены на 936 мощных спиральных пружинах, каждая из которых весит более 400 *кг*. Стальные укрытия помещений обеспечат надежную защиту от электромагнитного излучения. Помещения оперативного центра будут связаны между собой подземными путепроводами с двухсторонним автомобильным движением и тротуарами для пешеходов. В узле связи намечено иметь шесть независимых выходов на линии связи. Прямые линии связи будут установлены со штабом стратегической авиации США, Пентагоном и Белым домом, а с оперативными центрами континента — радио- и радиорелейная связь.

Окончание строительства планировалось на конец 1965 г.

В новом центре планировалась установка вычислительного комплекса, состоящего из двух машин «Филко-2000/212» (одна рабочая, другая резервная) и одной машины «Филко-1000», предназначенной для сортировки, передачи и печати данных, а также для переноса данных с перфокарты на магнитную ленту.

Входная информация, поступающая в центр от 17 различного рода источников, проходит сначала внешнее контрольное устройство входных и выходных данных IODC, преобразующее последовательные сообщения в параллельный код, удобный для обработки вычислительными машинами.

Каждая ЭВМ «Филко-2000/212» имеет основную память на магнитных сердечниках и вспомогательную на магнитных барабанах. Емкость памяти 32 000 слов. Кроме того, ЭВМ снабжена 11 устройствами записи на магнитных лентах, которые могут обеспечить четыре операции записи или считывания со скоростью 90 000 знаков в секунду. В новом центре будет применена система отображения, состоящая из 15 индикаторных устройств на характронах (с трубкой 19 дюймов) и с телевизионными экранами, и большого настенного экрана размером 3,6×4,8 *м*. Каждое индикаторное устройство оборудовано пишущей машинкой IBM-12, на которой может быть отпечатана необходимая информация.

Все это оборудование до размещения его в новом центре было смонтировано и прошло предварительные испытания вблизи старого командного пункта «Норад». Дополнительные испытания, оценка и модификация всего оборудования будут продолжены после перенесения его в помещение нового центра.

Ввод в эксплуатацию нового центра «Норад» предполагалось осуществить в течение 1966 г.

В распоряжении центра «Норад» в настоящее время в качестве источников информации имеются 190 основных радиолокационных станций обнаружения и 200 вспомогательных (маловысотных постов), расположенных на территории США и Канады, а также многочисленные радиолокационные станции кораблей, самолетов и дирижаблей радиолокационного дозора, «Техасских вышек».

Из боевых средств ПВО командование «Норад» имеет в своем распоряжении 69 (по другим, более поздним данным — более 50) эскадрилий пилотируемых истребителей-перехватчиков ВВС США и Канады, расположенных в стратегически важных районах континентальной части США, Аляски и Канады; восемь баз (стартовых позиций) беспилотных перехватчиков типа «Бомарк» с обычной или ядерной боевой головкой (пять позиций для модификации «Бомарк А», три — для «Бомарк В») на территории США и две базы перехватчиков «Бомарк В» на территории Канады (командование ПВО Канады не имеет в своем распоряжении ядерных боевых головок для этих перехватчиков); 61 батарею (к началу 1960 г.) ЗУРС типа «Найк» с обычной и атомной боевой головкой (двух модификаций «Найк-Аякс» и «Найк-Геркулес»), наводимых

с помощью своей системы управления «Миссайл Мастер». По низколетящим целям предполагается использовать ЗУРС «Хоук» (рис. 1.7).

Эскадрильи истребителей-перехватчиков укомплектованы следующими самолетами: тяжелыми всепогодными истребителями F-101B «Вуду» (которых в 1963 г. имелось около 1200 единиц), легкими всепогодными истребителями F-102A «Дельта Деггер», всепогодными истребителями F-106A «Дельта Дарт» (рис. 1.8), истребителями F-40 «Скайрей», истребителями F-104 «Старфайтер» (ранее снятыми с вооружения, а теперь вновь поступающими), а также канадскими истребителями CF-100 (по другим данным — CF-101B) и CF-105 «Эрроу».

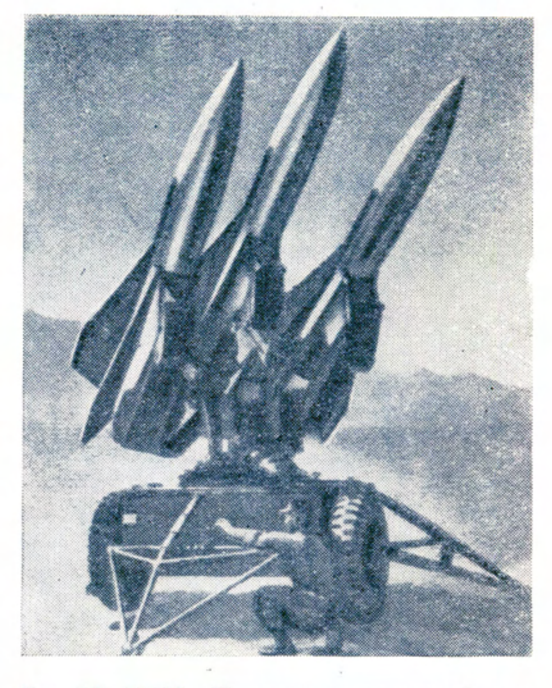


Рис. 1.7. ЗУРС «Хоук», предназначенный для поражения низколетящих целей

Лучшие из этих истребителей имеют дальность полета 2000 *км* (F-102A) и 4800 *км* (F-101B), скорость 1900 *км/ч* (F-101B) и 2200 *км/ч* (F-104A), потолок 19 *км* (F-101B) и 20 *км* (F-102A). Новый канадский истребитель CF-105 имеет скорость 2500 *км/ч*, потолок 21 *км* при дальности 1500 *км*. Все эти самолеты вооружены управляемыми снарядами класса «воздух — воздух» «Фолкон», «Сайдуиндер» (с инфракрасной системой наведения) и неуправляемыми ракетами MB-1 «Джини» с ядерными боевыми головками. В 1962 г. истребители F-101B, F-102A, F-106A были оборудованы специальной системой наведения TDDL (прежнее наименование TIDDL), позволяющей по командам оперативного центра автоматически выводить перехватчик в район цели. В дальнейшем предусматривается замена устаревших истребителей новыми типами.

Представители командования ПВО «Норад» высказали предположение, что для успешного решения задач противовоздушной обороны Североамериканского континента необходимо иметь высокоскоростные истребители-перехватчики, способные уничтожать пилотируемые бомбардировщики и управляемые снаряды класса



Рис. 1.8. Всепогодный истребитель-перехватчик F-106 «Дельта Дарт» и его вооружение: четыре управляемых снаряда «Фолкон», один снаряд «Джини» (с атомной боеголовкой) и электронное оборудование (навигационное и управление огнем)

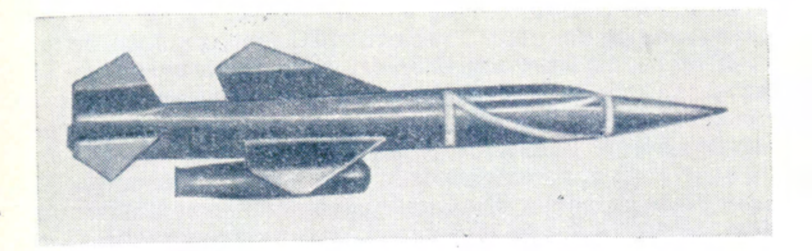


Рис. 1.9. Беспилотный перехватчик «Бомарк» IM-99A

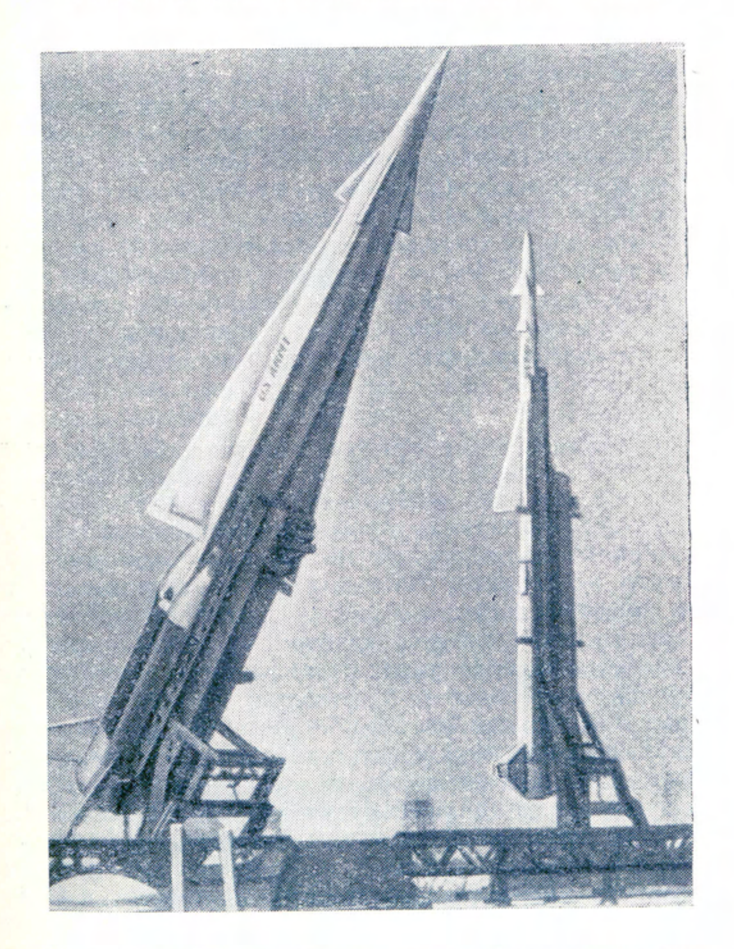


Рис. 1.10. ЗУРС «Найк-Аякс» и «Найк-Геркулес» (слева)

«воздух — земля» на высотах порядка 20—25 *км* и на значительном удалении от своих баз. Истребители должны действовать так же эффективно и на малых высотах. Предполагалось, что дальность действующих бортовых РЛС должна быть не менее 320 *км*. В связи с этим была высказана идея о необходимости создания более совершенного истребителя-перехватчика со скоростью полета 3200 *км/ч* и радиусом действия 2400 *км*.

К началу 1963 г. на вооружении системы ПВО имелось 300 беспилотных перехватчиков «Бомарк» обеих модификаций (рис. 1.9). «Бомарк В» имеет более совершенные характеристики: дальность действия 640 *км*, скорость M=3 и высоту 23 100 *м* по сравнению с 360 *км*, M=2,5 и 19 800 *м* соответственно для «Бомарк А». После выпуска более 800 перехватчиков производство их в 1962 г. прекращено. Однако на вооружении они будут оставаться еще в течение нескольких лет.

ЗУРС «Найк-Аякс» более ранней конструкции уже устарел и заменяется более совершенным снарядом «Найк-Геркулес» (рис. 1.10), имеющим бо́льшую дальность действия (130 *км* вместо 40 *км*), бо́льшую высоту (30 *км* вместо 20 *км*) и бо́льшую скорость (980 *м/сек* вместо 700 *м/сек*).

ЗУРС «Хоук» имеет дальность действия около 35 *км*, оперативную высоту от 30 до 15 000 *м* и скорость полета M>2.

В случае воздушного нападения объединенное командование «Норад» будет иметь возможность использовать и другие средства ПВО. В частности, ему будут переданы многие эскадрильи ВВС и ВМФ.

§ 3. Система оповещения и принцип действия системы «Сейдж»

Как уже указывалось, система «Сейдж» представляет собой полуавтоматическую систему управления активными средствами ПВО и призвана обеспечить противовоздушную оборону Североамериканского континента. В соответствии с организационной структурой построения системы она состоит из определенного количества взаимосвязанных и соподчиненных оперативных центров и имеет централизованное управление всеми ее элементами.

Все радиолокационные станции системы обнаружения ПВО (и связанных с ней других систем обнаружения) работают круглосуточно. Вся информация о воздушной обстановке передается по линиям связи по инстанции в боевой оперативный центр «Норад», на его центральный командный пункт, где отображается. Все обнаруженные воздушные объекты должны быть немедленно опознаны. Если обнаруженный объект не дает сигнала опознавания, не предусмотрен планами полетов своих самолетов и в течение определенного короткого времени не опознан, по стране объявляется предупреждение противовоздушной обороны, а на опознавание объекта визуальным способом поднимаются по тревоге истребители-перехватчики.

В зависимости от предполагаемой опасности может быть объявлено три степени предупреждения: «белое», «желтое» и «красное», которые соответственно означают: атака не является непосредственно вероятной, атака вероятна, момент атаки непосредственно предстоит или она уже совершается. Если будет получено подтверждение о налете противника, то для военных и гражданских инстанций объявляется высшая степень боевой готовности, при которой все силы и средства переводятся в состояние полной боевой готовности, а активные средства изготовляются для немедленного боевого применения. Степени боевой готовности объявляются не обязательно в указанной последовательности. Командование «Норад» может объявить немедленный переход от обычной боевой готовности к состоянию высшей (чрезвычайной) боевой готовности.

Если командование «Норад» объявляет об изменении в степени боевой готовности или предупреждении противовоздушной обороны, то об этом немедленно оповещаются все военные и основные гражданские ведомства США и Канады. Гражданские учреждения в зависимости от обстановки могут передавать предупреждение дальше. Управление гражданской обороны (МПВО) располагает круглосуточно действующей системой оповещения, насчитывающей более 375 пунктов в США, которая менее чем за две минуты может объявить в стране воздушную тревогу и получить из каждого штата подтверждение о принятии сигнала тревоги.

При объявлении высшей степени боевой готовности для соблюдения секретности в воздушном движении и работе радиостанций федеральное авиационное агентство США в соответствии с планом «Скейтер» в США (в Канаде по плану «Искет») приостанавливает все гражданское воздушное сообщение, а федеральная комиссия связи в соответствии с планом «Конелрад» прекращает работу всех радиостанций и телевизионных передатчиков (различные указания органам гражданской обороны согласно этому плану передаются в двух диапазонах волн — 640 и 1240 *кгц*). В этом случае призываются и приводятся в готовность и другие силы: национальная гвардия ВВС и войска резерва.

ЦКП боевого оперативного центра «Норад» дает необходимые инструкции оперативным центрам боевого управления районов ПВО, а те своим подчиненным центрам наведения секторов ПВО. Штаб и боевой расчет командного пункта центра наведения сектора, получив соответствующие распоряжения, управляют боевыми действиями ПВО в своем секторе. В распоряжении центра наведения каждого сектора находятся следующие боевые средства:

— радиолокационные станции обнаружения и опознавания воздушных целей;

— аппаратура съема радиолокационных данных с РЛС воздушного обнаружения;

— оборудование самого центра наведения (вычислительная

машина AN/FSQ-7, пульты управления с индикаторными устройствами, устройства для ручного ввода данных в машину и др.);

— аппаратура и линии передачи данных от источников информации к центру, от центра к потребителям информации и к другим оперативным центрам;

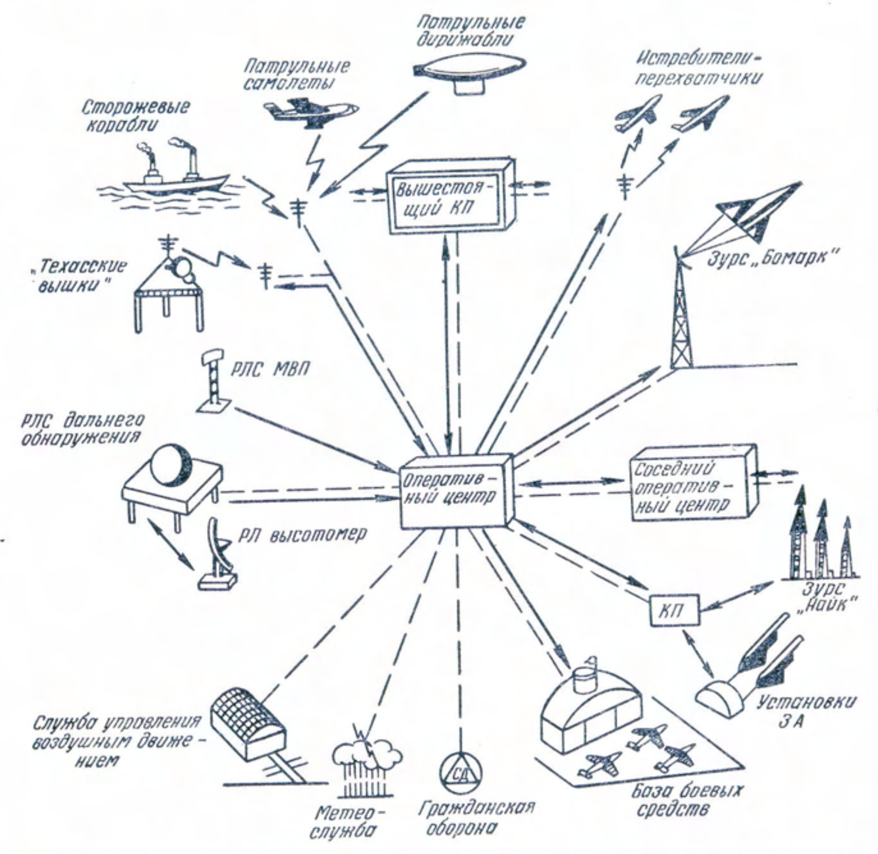


Рис. 1.11. Схема связей оперативного центра сектора ПВО с источниками информации, боевыми средствами и другими командными пунктами

Обозначения: ——————— линии передачи данных, — — — — — линии телефонной и буквопечатающей связи

— активные средства ПВО (истребители-перехватчики, беспилотные перехватчики, ЗУРС и др.).

Примерная схема связей оперативного центра наведения с источниками информации, активными средствами ПВО сектора и другими оперативными центрами показана на рис. 1.11.

Работа центра наведения сектора в соответствии с его назначением сводится к следующему.

Сигналы о воздушных целях, обнаруженных радиолокационными станциями сектора, обрабатываются и кодируются аппаратурой съема на радиолокационных узлах и передаются по линии связи в оперативный центр на вход вычислительной машины, куда поступает также многочисленная информация от других источников. Радиолокационная информация предварительно проходит дополнительную обработку (фильтрацию) в специальном контрольном устройстве для исключения ложных сигналов. В вычислительной машине сигналы расшифровываются и подаются для отображения на индикаторы воздушной обстановки. Так как в машину поступают сигналы от многих неопознанных объектов, в оперативном центре операторами производится опознавание целей путем сравнения их курсов с курсами запланированных полетов своих самолетов. Окончательное решение о принадлежности самолета принимается офицером опознавания.

После этого для каждой цели противника и неопознанной цели машина разрабатывает варианты решений о действии по ним своих активных средств. Эти данные поступают к оператору выбора и распределения боевых средств ПВО, который принимает определенное решение и передает его через машину оператору наведения. Оператор наведения контролирует процесс наведения перехватчиков (ЗУРС и истребителей), если он осуществляется автоматически, или голосом по радио передает команды наведения на истребитель-перехватчик, если автоматическое наведение отсутствует. После окончания перехвата машина начинает вырабатывать оптимальный курс возвращения истребителей на свой аэродром.

Таковы вкратце операции, выполняемые различными устройствами, вычислительной машиной и операторами в оперативном центре сектора. Командир оперативного центра наблюдает и контролирует работу командного пункта по ведению боевых действий ПВО в случае воздушного нападения.

Описание схемы дает только общее представление о принципе работы низшего звена современной американской системы ПВО. В последующих главах более детально описаны отдельные элементы системы «Сейдж» и их работа.

Глава 2

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКЕ

§ 1. Сеть радиолокационных источников информации

В США построена обширная сеть радиолокационных станций обнаружения, составляющих эшелонированную систему радиолокационного заграждения в несколько линий или барьеров и являющихся основными источниками информации о воздушной обстановке в системе ПВО (рис. 2.1).

Территориальные РЛС обнаружения. Основная сеть радиолокационных станций обнаружения расположена на континентальной части территории США, создавая далеко не сплошное радиолокационное поле.

Важную часть источников информации о воздушной обстановке составляют радиолокационные средства секторов ПВО.

В состав радиолокационного оборудования типового сектора ПВО в качестве источников радиолокационной информации входят:

1. Радиолокационный узел в следующем составе: радиолокационная станция дальнего обнаружения, работающая в режиме кругового обзора и определяющая азимут, дальность и грубо высоту цели; аппаратура опознавания IFF (Mark X), работающая совместно с самолетным ответчиком; полуавтоматические радиолокационные высотомеры, дающие не только более точную информацию о высоте цели, но и позволяющие уточнять данные о количестве самолетов в группе.

2. Маловысотные радиолокационные станции, обеспечивающие просмотр «мертвых зон» пространства, не перекрываемых РЛС дальнего обнаружения.

Вокруг особо важных военных и промышленных объектов внутри страны созданы дополнительные местные радиолокационные посты, состоящие из нескольких радиолокаторов, из которых обычно два всегда находятся в действии. Однако всех этих средств все же не хватает для полного перекрытия всей террито-

рии страны. Решение проблемы заполнения оставшихся «белых пятен» осложняется ограниченными возможностями подготовки необходимого обслуживающего персонала. Поэтому в последнее время начался переход к строительству полностью автоматических

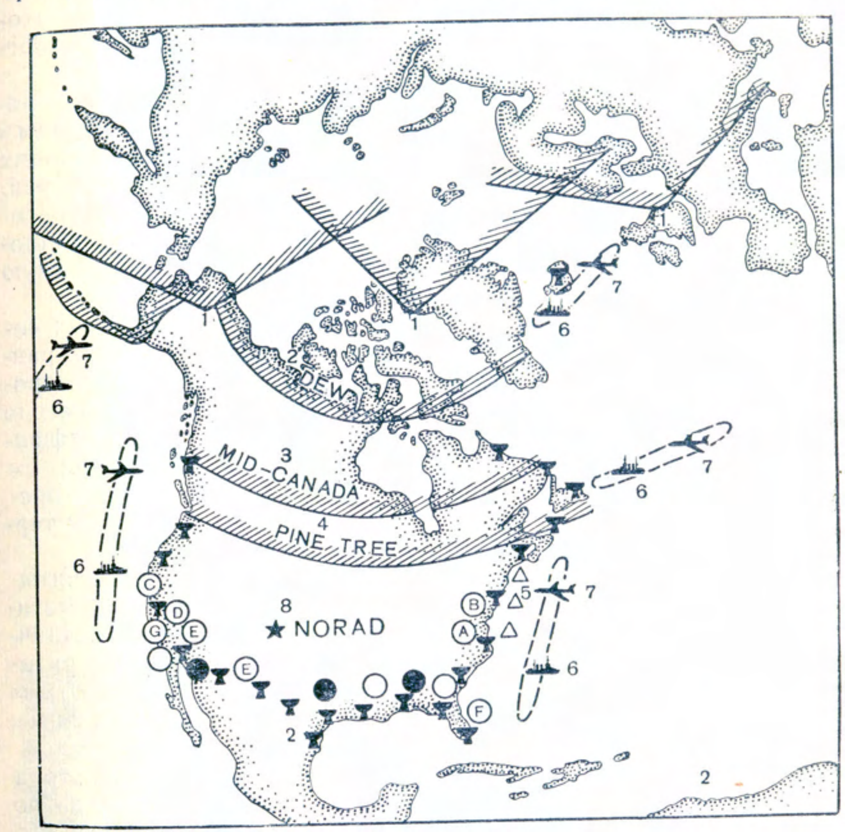


Рис. 2.1. Схема расположения источников радиолокационной информации о воздушной и космической обстановке:

1 — станции системы БМЕ WS; *2* — линия «Дью»; *3* — «Среднеканадская» линия; *4* — линия «Пайнтри»; *5* — «Техасские вышки»; *6* — корабли радиолокационного дозора; *7* — самолеты радиолокационного дозора; *8* — центр «Норад»; остальное — РЛС обнаружения и слежения за баллистическими ракетами и спутниками

радиолокационных станций для размещения их в не обеспеченных радиолокационным наблюдением районах. В то же время ВВС США решили закрыть 17 наиболее устаревших радиолокационных станций в штатах Аризона, Нью-Мексико, Вашингтон и др.

В секторах, расположенных на границе территории США, могут быть включены пограничные и так называемые вынесенные радиолокационные станции «Техасских вышек», кораблей, дири-

жаблей и самолетов радиолокационного дозора, линий раннего предупреждения.

Линия пограничного радиолокационного заграждения проходит вдоль всех границ США: на севере — вдоль границы с Канадой, на юге — по границе с Мексикой, на западе — вдоль тихоокеанского побережья и на востоке — вдоль атлантического побережья.

Согласно своей доктрине ПВО (иметь возможно больший резерв времени для подготовки к отражению нападения) военным командованием США на наиболее угрожаемых направлениях были созданы дополнительные линии радиолокационных барьеров, вынесенные за пределы территории США. Так, например, в северном направлении построены дополнительно три линии радиолокационных постов, перекрывающих наблюдением значительную по глубине площадь.

Наиболее отдаленная (первая) из этих линий, называемая сокращенно «Дью» (DEW — Distant Early Warning — дальнее раннее предупреждение), проходит по 70-й параллели между северо-западной частью Гренландии и Аляской на расстоянии примерно 1600 *км* от северной границы США. Она простирается от Баффиновых островов на востоке до Алеутских островов на западе. Ее протяженность 4800 *км*. Основное назначение линии — раннее предупреждение (за 100 *мин*) о подходе самолетов противника к территории США.

Линия «Дью» в 1957 г. полностью введена в строй и насчитывает более 50 радиолокационных постов, состоящих из автоматических и полуавтоматических радиолокационных станций различного назначения, разработанных специально для работы в арктических условиях. Общее количество станций на линии «Дью» около 85. Все посты этой линии делятся на три типа: главные, вспомогательные и промежуточные.

Главные посты (рис. 2.2) состоят из одного радиолокатора дальнего обнаружения с дальностью действия до 500 *км* и, по крайней мере, двух маловысотных радиолокаторов типа «Флуттар».

Радиолокаторы дальнего обнаружения с вращающейся многолепестковой антенной позволяют получить точные данные о дальности и азимуте цели и приблизительные данные о ее высоте. Они размещаются в специальных обтекателях, собранных из трехгранных радиопрозрачных пластин, предохраняющих обслуживающий персонал и аппаратуру от морозов и ветров Радиолокаторы оборудованы автоматической сигнализацией, оповещающей операторов о появлении целей.

Маловысотные радиолокаторы (Gap filler radars — радиолокаторы заполнения промежутков), предназначенные для наблюдения в непросматриваемом основными станциями пространстве («мертвых зонах»), имеют неподвижную антенну меньшего размера, установленную на металлических мачтах высотой до 120 *м* и

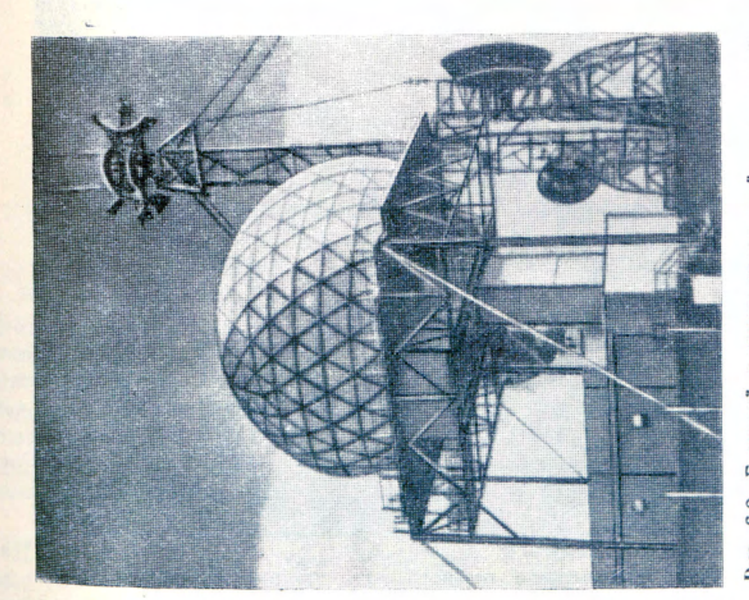


Рис. 2.2. Главный радиолокационный пост линии раннего обнаружения «Дью». Под куполом обтекателя — антенна РЛС дальнего обнаружения, на высокой мачте — антенны маловысотных РЛС, внизу — три параболические антенны радиостанций связи

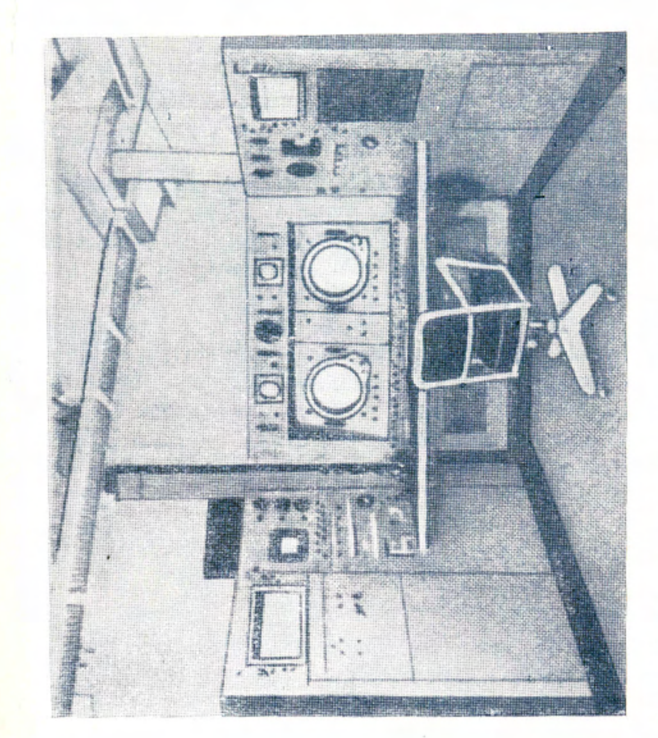


Рис. 2.3. Внутренний вид главного радиолокационного поста линии «Дью»

более в зависимости от профиля местности. Маловысотные радиолокаторы работают в режиме непрерывного излучения и имеют несколько азимутальных лучей для приблизительного определения местоположения и скорости цели. Маловысотные радиолокаторы также оборудованы автоматической сигнализацией о появлении целей.

Пульт управления главного поста (рис. 2.3) имеет два индикатора: на одном ведется наблюдение за высотными целями, на другом — за низколетящими. Данные о цели вводятся оператором в передатчик радиолинии передачи данных и затем нажатием кнопки передаются в эфир.

Главные посты, имея собственную информацию о воздушной обстановке, служат центрами сбора и обобщения данных, поступающих от вспомогательных и промежуточных постов. Кроме того, они являются центрами связи ремонта и снабжения для других постов линии. Обслуживающий персонал главного поста состоит из 55 человек, часть из которых обеспечивает ремонт радиолокационных станций других постов.

На линии «Дью» имеется 5—6 главных постов, удаленных один от другого на расстояние до 750 *км*.

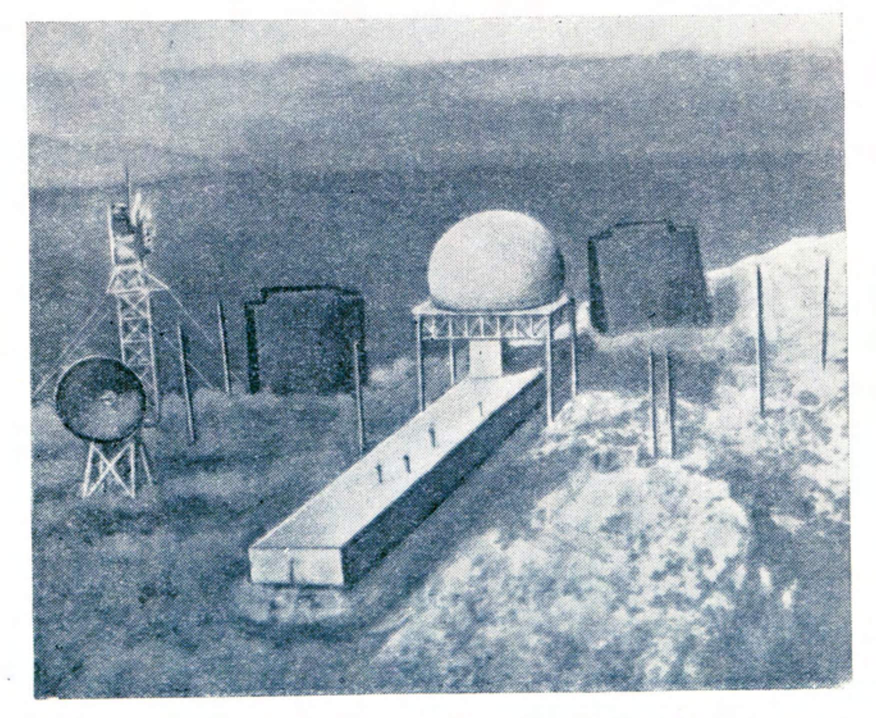


Рис. 2.4. Общий вид вспомогательного радиолокационного поста линии «Дью»

Вспомогательные посты также, как и главные, состоят из радиолокатора дальнего действия с вращающейся антенной и маловысотных радиолокаторов (рис. 2.4). Каждый такой пост обслуживают 17 человек. Вспомогательных постов на линии «Дью» около 26 и удалены они друг от друга на 150—160 *км*.

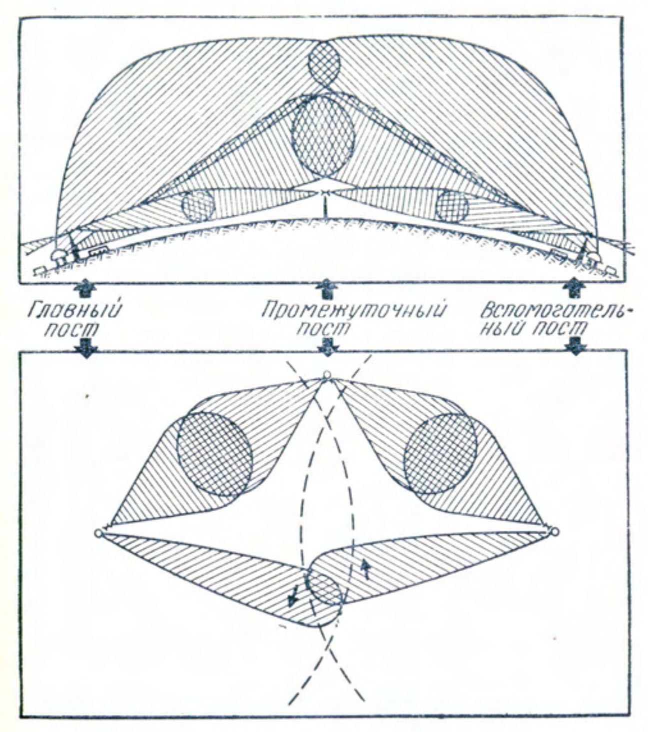


Рис. 2.5. Схема перекрытия воздушного пространства диаграммами излучения радиолокационных станций линии «Дью»

Промежуточные посты оборудованы только маловысотными радиолокаторами. Каждый из них обслуживает всего два человека. Промежуточный пост располагается между двумя большими (например, главным и вспомогательным) постами для обзора непросматриваемых зон. На некоторых участках установлено по два таких поста. Всего на линии около 28 промежуточных постов. Информация с промежуточных постов автоматически поступает на главные и вспомогательные посты.

Схема расположения группы радиолокационных постов линии «Дью» с их диаграммами излучения показана на рис. 2.5. Сообщалось, что при испытаниях (три опытных пролета) линия обеспечила 100%-ное обнаружение самолетов типа «бомбардировщик»

в большом диапазоне высот — от очень малых до больших. На случай применения противником радиолокационных помех предусмотрена быстрая смена рабочей частоты радиолокаторов.

Данные о цели (местоположение, курс, высота и пр.) передаются от периферийных постов к главным при помощи линии передачи данных. В посту может быть обеспечено автоматическое отображение тактической обстановки в определенном секторе.

Связь между постами вдоль линии, а также связь главных постов со штабом ПВО осуществляется радиостанциями тропосферного рассеяния на дециметровых волнах на расстояниях до 560 *км*. Телеграфная и ограниченная телефонная связь со штабом ПВО обеспечивается радиостанциями ионосферного рассеяния на метровых волнах на расстояниях до 1900 *км*. На линиях связи между радиолокационными постами используются сдвоенные параболические антенны диаметром около 4,6 *м*. Сдвоенные антенны дают возможность работать в разных точках пространства, а также переключать радиостанцию в случае выхода из строя одной из антенн на исправную антенну.

Линию «Дью» обслуживают более 600 человек, строительство ее обошлось в 520 млн. долларов.

В 1961 г. в связи с окончанием строительства радиорелейной линии Гренландия — Исландия вступил в строй восточный участок линии «Дью» от мыса Дир (Баффинова Земля) до восточного побережья Гренландии. Это продолжение линии раннего обнаружения под названием «Дью Ист» состоит из четырех радиолокационных постов (7 РЛС), расположенных вдоль южной части Гренландии, и обеспечивает наблюдение за воздушным коридором протяженностью в 2000 *км*.

Кроме того, разрабатываются новые РЛС для замены устаревших. Часть устаревших РЛС закрывается вообще. В частности, в 1963 г. между США и Канадой достигнуто соглашение о прекращении работы 28 наименее мощных РЛС линии «Дью», из которых 20 находятся в Канаде и 8 на Аляске. При этом сообщалось, что проработавшие 8 лет РЛС еще пригодны для выполнения своих задач.

По мнению американских военных специалистов, линия «Дью» должна обеспечить предупреждение о налете самолетов противника за 1 *ч* до их появления над территорией США.

Вторая линия, называемая «Среднеканадской» (Mid-Canada Line) или линией «Мак-Гилл Фенс», проходит примерно вдоль 55-й параллели, т. е. на расстоянии 800 *км* от границы США. Протяженность линии около 5000 *км*. На линии установлено около ста полностью автоматизированных радиолокационных станций обнаружения, работающих без обслуживающего персонала. Интервал между станциями равен примерно 50 *км*.

Спроектированные и изготовленные канадскими фирмами радиолокаторы работают в режиме непрерывного излучения в двух диапазонах волн с использованием эффекта Допплера. Они обеспечивают просмотр пространства на высотах, бо́льших, чем высоты полета современных самолетов. Каждая станция обеспечивает поиск цели и выдачу информации о цели: дальность, высоту, направление и скорость полета самолета в зоне обнаружения станции.

Основное назначение «Среднеканадской» линии — обнаруживать самолеты, прошедшие через предыдущую линию, и определять параметры их движения для того, чтобы рассчитать время достижения этими самолетами следующей цепи радиолокационных постов.

Главные посты этой линии обрабатывают информацию о воздушной обстановке и передают ее штабу ПВО («Норад»). При появлении в зоне действия линии самолета в посту раздается сигнал тревоги — звонок, на карте воздушной обстановки освещается соответствующий участок и специальное устройство отображения начинает вычерчивать трассу полета самолета.

Обслуживающий персонал обязан опознать самолет (на опознавание отводится две минуты). Для опознавания самолетов в основном используются планы полетов. Зона опознавания охватывает расстояние по 16 *км* в каждую сторону от линии. О неопознанном самолете сообщается немедленно в ближайший главный пост, на посты следующей линии радиолокационного заграждения, в штаб ПВО «Норад», а также в штабы ВВС Канады и США.

Уход за автоматическими радиолокаторами линии и их ремонт осуществляются обслуживающим персоналом нескольких главных постов, который посещает автоматические радиолокаторы для осмотра и профилактики примерно раз в месяц. Существующая микроволновая радиосвязь позволяет главным постам осуществлять ежедневную проверку работы оборудования автоматических радиолокаторов. При возникновении в одном из радиолокаторов какой-либо неисправности на специальном аварийном табло соответствующего главного поста появляется световой сигнал. Обнаруженная неисправность устраняется ремонтной бригадой, вылетающей на вертолете. Постоянный штат обслуживающего персонала — около 300 человек. Большинство постов, кроме главных, обслуживают два — три человека.

Линия вступила в строй в 1957 г. Стоимость строительства оценивается в 170 млн. долларов, оплаченных полностью Канадой.

Сообщалось, что «Среднеканадская» линия также будет модернизирована. В 1964 г. ряд устаревших допплеровских станций должен быть заменен новыми мощными РЛС дальнего обнаружения. Подлежат закрытию также несколько станций восточного участка линий, поскольку их работа дублируется РЛС, установленными на побережье Лабрадора.

Третья линия, называемая линией «Пайнтри» (Pinetree chain — сосновый вал), проходит на юге Канады почти на границе США, примерно по 45-й параллели. Линия предназначена для обнаружения и окончательного опознавания летящих через

линию самолетов и передачи данных о них в штаб ПВО и на пункты наведения истребителей-перехватчиков.

На линии сооружено около 40 постов, состоящих из одного радиолокатора дальнего обнаружения и двух радиолокационных высотомеров (рис. 2.6). Антенны радиолокационных станций укрыты специальными шарообразными обтекателями из радиопрозрачной неопреновой резины (рис. 2.7). Внутри шарового обтекателя поддерживается давление воздуха 1,35 *кг/см*^{2}; при сильном ветре давление увеличивается.

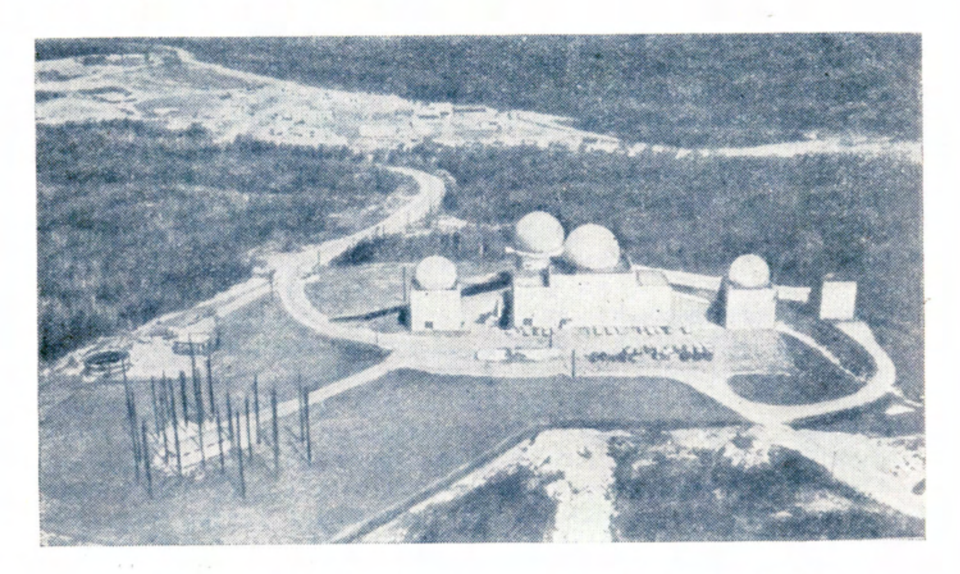


Рис. 2.6 Общий вид радиолокационного поста на линии «Пайнтри»

В главных постах этой линии, кроме станций дальнего обнаружения, установлена аппаратура наведения истребителей. Каждый главный пост вместе с постом наведения истребителей обслуживается персоналом в 280 человек. Линия с 1953 г. полностью вступила в строй и непрерывно эксплуатируется. Строительство линии обошлось в 350 млн. долларов, причем $^2/_3$ общей суммы оплатили США и $^1/_3$ — Канада. Обслуживающий персонал всей линии составляет 65 000 человек военнослужащих и гражданских лиц США и Канады.

По мнению американских специалистов, эти три линии радиолокационного заграждения обеспечат надежное обнаружение всех самолетов, летящих с северного направления. Несмотря на это, оборудование этих линий постоянно совершенствуется, в частности, еще в 1961 г. заключены договоры на модернизацию вспомогательных РЛС.

Эшелонированная система радиолокационного наблюдения создается и на других направлениях.

Вынесенные РЛС обнаружения. Дополнительно к линии береговых постов на атлантическом побережье США предполагалось

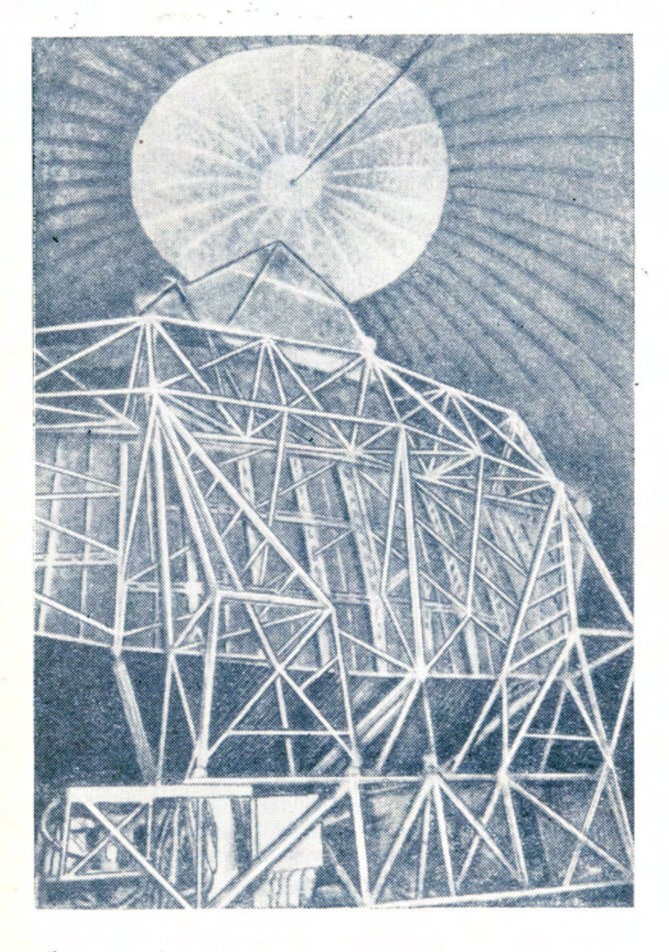


Рис. 2.7. Антенна радиолокационной станции, установленной на линии «Пайнтри» (под куполом обтекателя)

соорудить цепь из 25 радиолокационных постов на отмелях вдоль побережья на расстоянии около 200 *км* от берега, строительство которых началось в 1955 г. Эти посты, известные под названием «Техасских вышек» (Texas Towers), устанавливались на железобетонных платформах. На каждой вышке, на платформе треугольной формы (сторона треугольника 60 *м*), размещались ра-

диолокационные, радио- и метеостанции. На платформе, кроме того, размещались посадочные площадки вертолетов, подъемный кран и другое оборудование. С помощью этих постов командование США рассчитывало обеспечить возможность обнаружения воздушных целей на несколько минут раньше, чем наземными РЛС.

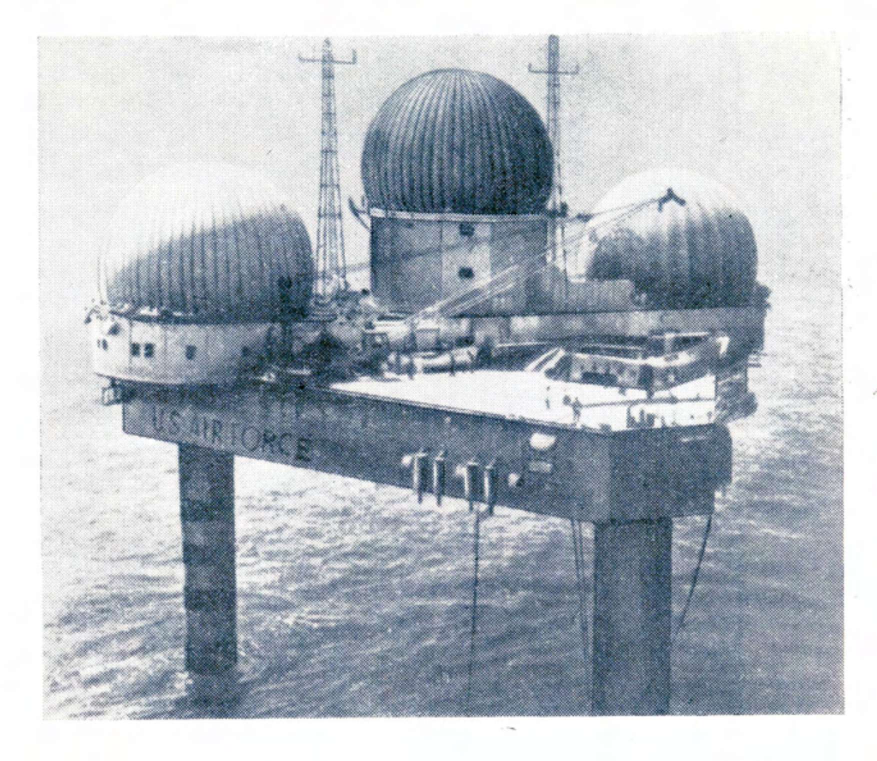


Рис. 2.8. Радиолокационный пост «Техасской вышки»: одна РЛС дальнего обнаружения и два радиолокационных высотомера

На каждой платформе устанавливались одна станция дальнего обнаружения и два высотомера такого же типа, как на линии «Пайнтри» (рис. 2.8). Антенны этих станций также заключались в обтекатели в виде прорезиненных шаров диаметром 16,5 *м*. Каждый из таких постов на «искусственных островах» имел радиосвязь с береговыми станциями и оперативными центрами при помощи релейных станций тропосферного рассеяния дециметрового диапазона с частотным уплотнением каналов и включался в общую систему дальнего обнаружения ПВО США. Для повышения надежности связи как на вышке, так и на берегу используется по два передатчика, работающих одновременно на одной и той же частоте. Для устранения замирания на обоих концах установлены по две разнесенных приемных антенны. Береговая радиостанция включена в телефонную сеть континента, что позволило установить двухстороннюю связь между командованием ПВО и вышкой. Для связи с патрульными кораблями и самолетами, а также для передачи внеочередных сообщений на берег используются коротковолновые четырехканальные радиостанции мощностью 400 *вт*. Питание оборудования и аппаратуры вышки осуществляется дизель-генератором мощностью 1300 *квт*.

Стоимость сооружения одной вышки около 20 млн. долларов. Вышку обслуживал расчет в составе 70 офицеров и солдат. Полная стоимость сооружения всей цепи должна была составить около 1 млрд. долларов. Эта сумма была меньше стоимости организации патрулирования с помощью специальных сторожевых кораблей, что и привлекало командование США. Однако практически было построено всего несколько вышек.

В печати сообщалось, что в январе 1961 г. одна вышка во время сильного шторма была полностью разрушена, в результате чего погибло 28 специалистов из обслуживающего персонала.

Учитывая это, а также в связи с применением на патрульных самолетах более совершенной аппаратуры дальнего обнаружения (типа ALRI), командование ВВС США приняло решение свернуть работу РЛС, установленных на некоторых «Техасских вышках». Вторая вышка 29 сентября 1963 г. была взорвана, третья должна была быть разобрана.

Для расширения зоны радиолокационного наблюдения в сторону океана за «Техасскими вышками» в Атлантическом океане, а также на определенном расстоянии от берега вдоль тихоокеанского побережья, где из-за больших глубин невозможно было создание цепи «Техасских вышек», организован дальний корабельный радиолокационный дозор. Патрульную службу на расстоянии 300—600 *км* от побережья несут сторожевые корабли военно-морского флота США, а также эсминцы типа DDR и торговые суда типа «Либерти», специально оборудованные радиолокационными станциями обнаружения с дальностью действия 300—400 *км* (рис. 2.9). Для некоторых кораблей радиолокационного дозора разработан специальный комплекс корабельного радиолокационного оборудования WPS (Warning Picket Ships), состоящий из радиолокатора обнаружения надводных и наземных целей, радиолокатора обнаружения воздушных целей, радиолокационного высотомера.

Корабли радиолокационного дозора имеют связь с береговыми постами и оперативными центрами ПВО. По этим линиям связи корабли могут передавать в назначенные пункты всю необходимую информацию, в том числе координаты обнаруженных воздушных целей, данные опознавания, а иногда действительную картину воздушной обстановки с экранов радиолокационных индикаторов.

Сообщалось, что к несению службы дальнего радиолокационного дозора в значительной мере привлекаются и подводные лодки, обладающие большей скрытностью и меньшей уязвимостью.

Корабельный радиолокационный дозор позволяет создать рубеж раннего обнаружения, вынесенный на 1000 и более километров. Кроме того, с его помощью можно организовать надежное прикрытие районов со слабым радиолокационным обеспечением.

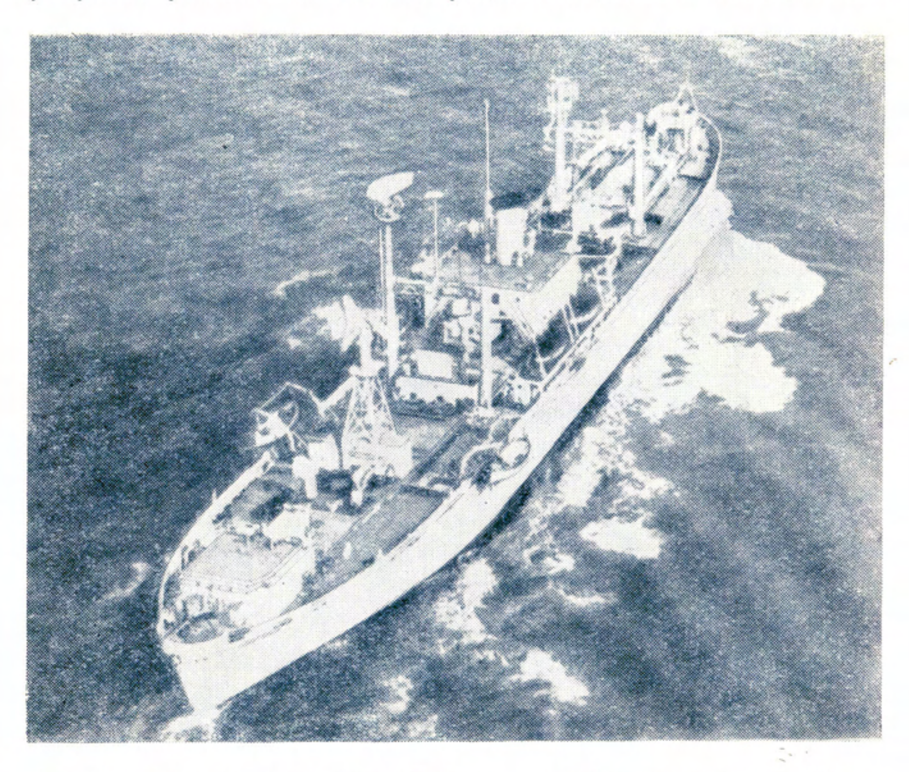


Рис. 2.9. Торговое судно типа «Либерти», переоборудованное для обеспечения радиолокационного дозора

Несмотря на это, ВМФ США предполагает в ближайшее время корабли радиолокационного дозора заменить патрульными самолетами. Опыт показал, что использование самолетов в таких районах, как Гренландия и Исландия, где часто бывают штормы, более эффективно, чем применение кораблей.

Для более раннего обнаружения самолетов противника с различных, и особенно морских, направлений в США широко применяются специальные самолеты и дирижабли радиолокационного дозора, оборудованные радиолокаторами дальнего действия и вынесенные на значительные расстояния от побережья. Считается,

что подъем радиолокационной станции вверх не только расширяет зону обнаружения на больших высотах, но и увеличивает дальность обнаружения воздушных целей, летящих на малых высотах.

Дирижабль по сравнению с кораблями и самолетами имеет следующие преимущества:

— может длительное время находиться вдали от баз без дозаправки и снабжения (до 12 суток и более);

— может вести наблюдение с одной фиксированной точки на любой высоте в пределах от 0 до 3000 *м*;

— может нести радиолокатор большой мощности с антенной больших габаритов, обеспечивающий большую дальность действия и точность определения координат, которая не снижается вследствие пониженного уровня вибрации;

— очень экономичен в отношении расхода топлива, поскольку оно не затрачивается для поддержания дирижабля в воздухе;

— позволяет ремонтировать в пути двигатели и радиооборудование.

Для радиолокационного дозора используются главным образом дирижабли ZPG-2 (рис. 2.10) с объемом 27 500 $м^3$, у которых один обтекатель с антенной расположен сверху оболочки дирижабля, наполненной гелием, второй — под гондолой и третий — на нижней поверхности оболочки впереди гондолы. Дирижабль имеет два поршневых двигателя, обеспечивающих ему скорость 130 *км/ч*. Позднее был разработан другой вариант дирижабля для радиолокационного дозора — дирижабль ZPG-2W, в котором ра-

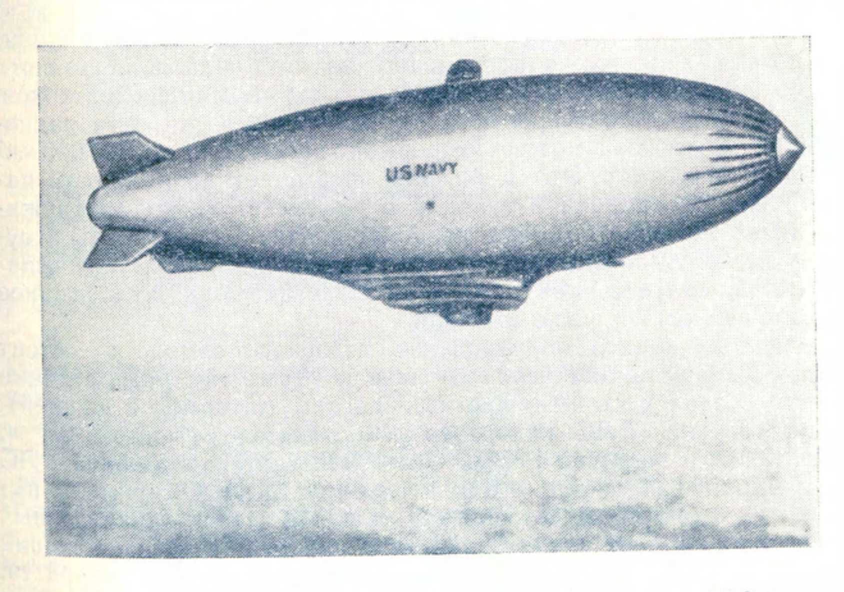


Рис. 2.10. Дирижабль радиолокационного дозора типа ZPG-2

диолокатор дальнего действия с вращающейся антенной больших габаритов размещен внутри оболочки. Это улучшило условия для работы антенны и уменьшило его сопротивление воздушному потоку в полете. Кроме радиолокатора обнаружения, на дирижабле на специальной платформе, находящейся в верхней части оболочки, установлен укрытый обтекателем радиовысотомер. Внутри дирижабля размещены средства радиопротиводействия для создания помех радиолокационным и радиосредствам противника.

Дирижабль имеет двухэтажную гондолу, в верхнем этаже которой находится помещение для экипажа, в нижнем — радиолокационные индикаторы, навигационное оборудование, двигатели и топливные баки. Объем этого дирижабля более 28 000 *м*³.

Недавно построен более крупный дирижабль ZPG-3 с объемом около 42 000 *м*³. Построен также новый дирижабль типа ZPG-3W с объемом около 140 000 *м*³, первый образец которого совершил свой первый полет в июле 1958 г.

Предполагалось сформировать соединение дирижаблей из 6 единиц и 200 человек команды, базирующееся на морскую воздушную станцию Моффет (Калифорния).

В системе ПВО США большое значение придается использованию самолетов радиолокационного дозора, патрулирующих вдоль атлантического и тихоокеанского побережий. Для этой цели используются переоборудованные транспортные самолеты «Супер Констеллейшн» (в военно-воздушных силах — RC-121C, в военно-морских силах — WV-2), которые могут находиться в воздухе без пополнения запасов горючего более суток при крейсерской скорости полета около 480 *км/ч* (рис. 2.11). Самолет радиолокационного дозора является одновременно постом радиолокационного обнаружения и центром наведения истребителей-перехватчиков.

В печати сообщалось, что с помощью одного самолета радиолокационного дозора можно непрерывно просматривать 500 000 *км*² морской поверхности. Это в 50 раз превышает возможности наземной радиолокационной станции и позволяет легко обнаруживать низко летящие бомбардировщики противника, так как в существующих самолетных станциях удалось устранить или ослабить такие явления, как помехи от морских волн, атмосферное искривление луча и радиомиражи.

Радиолокационное оборудование дозорного самолета состоит из трех РЛС: станции верхнего обзора (высотомера), станции нижнего обзора и станции прогноза погоды (штормов и дождей). Антенна верхней РЛС находится в обтекателе высотой 2,4 *м*, длиной 3,6 *м* и шириной 1,35 *м*. Обтекатель антенны нижней РЛС имеет ширину 5,4 *м*, длину 9 *м* и глубину 1,8 *м*. Обтекатели выполнены из материала сотовой конструкции. Передатчики первых двух станций имеют мощность 2 *Мвт* каждый. Для наблюдения за воздушной обстановкой имеется пять индикаторных устройств, расположенных в отдельных кабинах. Вес всех станций 2 *т*, вес

всего электронного оборудования 6 *т*. Экипаж самолета — 30 человек.

В задачи патрулирующего самолета входит:

— обнаруживать и следить за самолетами противника, определяя их дальность, высоту и скорость;

— следить за кораблями и подводными лодками;

— ретранслировать изображение с радиолокационного индикатора по узкополосному каналу связи на другой самолет, корабль, наземную станцию;

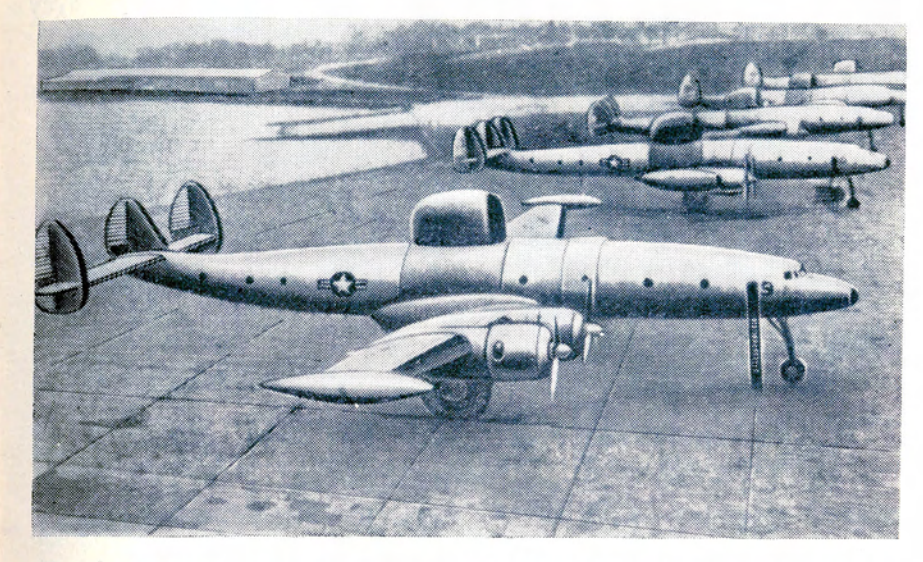


Рис. 2.11. Самолеты радиолокационного дозора «Супер Констеллейшн» типа RC-121C с антенной в обтекателе наверху

— следить за своими истребителями и управлять их полетом, для чего счетно-решающие устройства определяют курс истребителей для перехвата самолетов противника;

— с помощью высотомера выводить самолет на высоту любой цели в зоне обзора;

— давать прогноз погоды.

Кроме этого, на самолете установлены средства создания радиопомех.

Считается, что дальность обнаружения низко летящих самолетов радиолокационными станциями дозорных самолетов в два — три раза больше дальности их обнаружения с кораблей и берега.

Имеются и другие варианты дозорных самолетов, например типа «Супер Констеллейшн» с антенной кругового обзора над фюзеляжем в виде диска диаметром 9 *м* (рис. 2.12), а также самолеты типа WF-2 «Трассер», базирующиеся на авианосцах.

Самолеты типа WF-2 предназначены для дальнего обнаружения и управления перехватом самолетов противника, включая и низко летящие. На них установлены РЛС обнаружения, обеспечивающие определение азимута и высоты воздушных целей, аппаратура отображения воздушной обстановки, аппаратура передачи данных на корабли для наведения своих истребителей на самолеты противника. РЛС обнаружения может работать в режиме кругового и секторного обзора. Самолет оборудован автопилотом. Для более эффективного перекрытия заданного района самолеты подобного типа совершают круговые облеты группами по радиусу до 300 *км*.

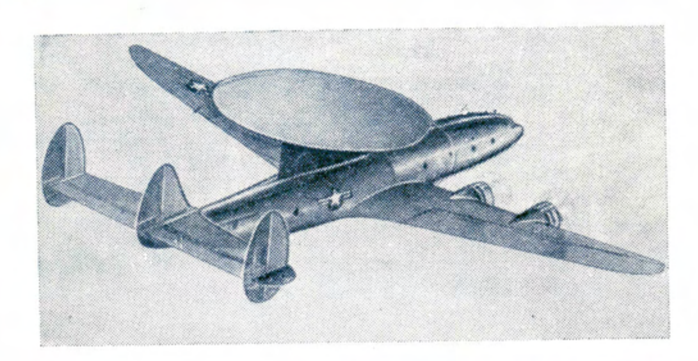


Рис. 2.12. Самолет радиолокационного дозора «Супер Констеллейшн» с антенной кругового обзора в виде диска

Дополнительное преимущество таких «летающих» радиолокационных станций в маневренности, что позволяет немедленно заполнять образовавшиеся при внезапном нападении противника бреши в наземной системе дальнего обнаружения, поскольку они менее подвержены опасности, чем стационарные наземные РЛС.

Эффективность самолетов радиолокационного дозора значительно повышается при использовании недавно разработанной новой бортовой аппаратуры ALRI (Airborne Long-Range Input), состоящей из радиолокационных станций дальнего обнаружения, автоматических устройств обработки и передачи данных и специальных средств связи с УКВ передатчиком мощностью 1 *квт*.

Эта аппаратура с сентября 1963 г. применяется на модернизированных самолетах радиолокационного дозора типа ЕС-121Н, патрулирующих в Атлантическом океане на удалении нескольких сот километров от восточного побережья Североамериканского континента (рис. 2.13). Она имеет значительно бо́льшую дальность обнаружения целей, чем береговые станции, и позволяет центрам наведения системы «Сейдж» на восточном побережье осуществлять перехват самолетов противника на более дальних подступах.

В состав бортового оборудования самолетов ЕС-121Н входят:
— радиолокационная станция кругового обзора AN/APS-95;
— радиовысотомер AN/APS-103;
— инерциальная система навигации AIN-10;
— устройство обработки данных AYQ-1;
— УКВ радиопередатчик AN/ART-40;
— аппаратура отображения наблюдаемых целей;
— ретрансляционная аппаратура (телекодовая линия с временным уплотнением).

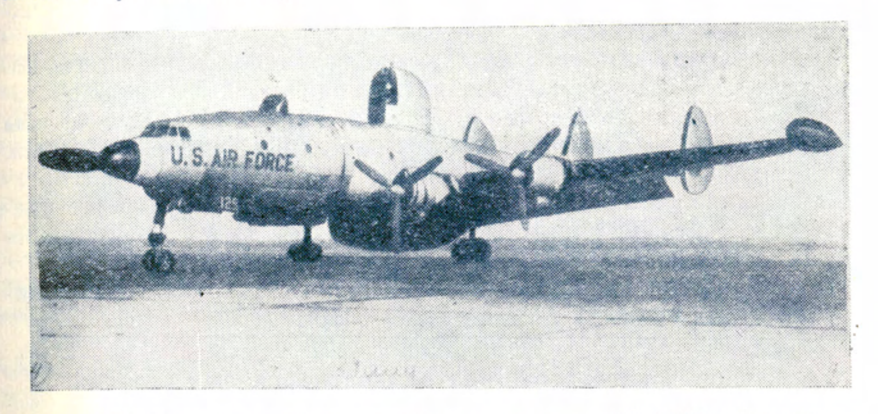


Рис. 2.13. Самолет радиолокационного дозора типа ЕС-121Н, оборудованный аппаратурой ALRI

Устройство обработки данных AIQ-1 производит обработку радиолокационных данных от РЛС AN/APS-95 и информации от инерционной навигационной системы. Обработанные данные хранятся в памяти устройства до момента передачи их через передатчик AN/ART-40, обеспечивающий передачу 25 сообщений в секунду. Каждое сообщение содержит сведения о дальности, азимуте и типе цели. За каждые 12 *сек* с борта самолета в систему «Сейдж» могут быть переданы данные о местоположении 300 целей. Кроме того, каждые 12 *сек* передается одно сообщение, содержащее текущие координаты и вектор путевой скорости самолета.

Данные о высоте цели передаются в систему «Сейдж» голосом при помощи связной радиостанции.

Передатчик AN/ART-40 мощностью 1 *квт* имеет управляемую антенну, направленную при передаче в сторону наземной станции системы ALRI, приемная антенна которой в этот момент направляется в сторону самолета при помощи вычислительной машины системы «Сейдж».

Принятые наземной станцией сообщения дешифрируются и после преобразования передаются по линиям связи в оперативный центр системы «Сейдж».

Телекодовая линия самолета позволяет наводить на цели перехватчики, находящиеся далеко от наземного пункта наведения, путем ретрансляции команд наведения, выработанных системой «Сейдж», на борт перехватчика.

В составе ВВС США имеется два авиационных подразделения (в каждом по 35 самолетов ЕС-121Н) дальнего обнаружения и наведения истребителей-перехватчиков на цель: на авиабазе Отис (шт. Массачусетс) и на авиабазе Мак-Клелан (шт. Калифорния).

Считается, что применение воздушных постов дальнего обнаружения системы ALRI значительно повысило оперативные возможности системы «Сейдж».

Все корабли, самолеты и дирижабли радиолокационного дозора немедленно передают всю информацию о воздушной обстановке в центральный командный пункт ПВО «Норад», штабы ВМФ и ВВС и в ближайшие центры наведения системы «Сейдж».

По мнению американских военных специалистов, такая организация радиолокационного дозора на океанах обеспечивает предупреждение о налете противника за 40—50 *мин* до приближения его самолетов к береговой черте.

Такова общая картина расположения источников радиолокационной информации в системе ПВО США.

§ 2. Общая характеристика радиолокационных станций системы ПВО

В качестве радиолокационных источников информации в системе ПВО на различных постах и линиях дальнего обнаружения применяются радиолокационные станции многих различных типов.

Наиболее типовыми станциями, принятыми на вооружение многих секторов ПВО, являются радиолокационные станции дальнего обнаружения AN/FPS-3 и AN/FPS-20, маловысотные радиолокационные станции AN/FPS-14, радиолокационные высотомеры AN/FPS-6.

На вынесенных линиях раннего радиолокационного обнаружения используются и другие РЛС. Так, на линии «Дью» установлены следующие РЛС; на вспомогательных постах — станции обнаружения типа AN/FPS-19; на промежуточных постах — станции типов AN/FPS-14 и AN/FPS-18. Кроме того, на линии «Дью» дополнительно устанавливались РЛС типа AN/FPS-74 и ее усовершенствованные варианты AN/FPS-63 и AN/FPS-34 (в качестве станций «заполнения промежутков»).

Из перечисленных РЛС станции AN/FPS-3 и AN/FPS-20 работают в диапазоне L, станции AN/FPS-6 и AN/FPS-14 — в диапазоне S, станция AN/FPS-18 — в диапазоне С.

Сообщалось, в частности, что радиолокационный высотомер типа AN/FPS-6 имеет дальность действия 1000 *км* и что таких высотомеров находится в эксплуатации более 300. Имеются также модификации этого высотомера: AN/FPS-6A и AN/FPS-6B.

На кораблях радиолокационного дозора типа «Либерти» устанавливались радиолокационные станции дальнего обнаружения AN/SPS-3, AN/SPS-6 (D=320 *км*), AN/SPS-17 и радиолокационные высотомеры AN/SPS-8A. На патрульных самолетах типа «Супер Констеллейшн» устанавливались радиолокационные станции обнаружения сначала AN/APS-20, затем AN/APS-70 (D=370 *км*). Сообщалось о разработке более новой станции AN/APS-94 для самолетов типа RC-121D.

Для повышения эффективности сети радиолокационных станций системы ПВО и защиты их от различного рода помех командование ПВО ВВС в 1960 г. приняло программу переоборудования радиолокационных постов новыми многочастотными и более мощными радиолокационными станциями типа AN/FPS-24, -26, -27, -28 и -35. Согласно этой программе в течение двух лет предусматривалось заменить новыми станциями 75% радиолокационных станций на территории США и около 10 станций на линии радиолокационного обнаружения «Пайнтри».

Станция AN/FPS-24 имеет антенну с отражателем размером 36×15 *м*. Фирма «Вестингауз» разработала трехмерную радиолокационную станцию AN/FPS-27, внутренний вид башни и размещение аппаратуры которой показаны на рис. 2.14.

Мощная радиолокационная станция дальнего обнаружения AN/FPS-28 разработана фирмой «Рейтеон». В ней применена специальной формы антенна весом 50 *т*. Антенна устанавливается на трехэтажной башне высотой 31,2 *м*, в которой размещаются 262 отдельных приемо-передающих блока. В этой станции используются лампы бегущей волны и амплитроны.

Фирмой «Сперри» для ПВО была разработана радиолокационная станция дальнего действия с разнесенными частотами типа AN/FPS-35. Антенна станции размером 11,4×36,3 *м* и весом 80 *т* смонтирована на бетонной вышке высотой 25,5 *м* и площадью основания 18×18 *м* (рис. 2.15). Внутри вышки размещена аппаратура, источники питания, мастерские и обслуживающий персонал. В станции предполагалось использовать мощный передатчик и приемное устройство с когерентным интегрированием сигнала. Расчетная дальность действия составляет 5000 *км*. К середине 1961 г. было введено в действие три радиолокационные станции (Томасвилль, Монтаук, Бэнтон). К середине 1964 г. предполагалось ввести в действие 170 таких станций.

Фирма «Дженерал Электрик» для системы «Сейдж» разработала трехмерную радиолокационную станцию AN/FPS-7, в которой используется клистрон мощностью в несколько мегаватт. Одна антенна этой станции с переменным фокусным расстоянием формирует несколько узких лучей, которые фокусируются другой антенной размером 12×5,4 *м* и весом 7 *т*. Вся антенная система монтируется в обтекателе высотой 15 *м*. Эта станция позволяет обнаруживать самолеты на значительно больших дальностях и высотах по сравнению с ранее применявшимися в системе ПВО

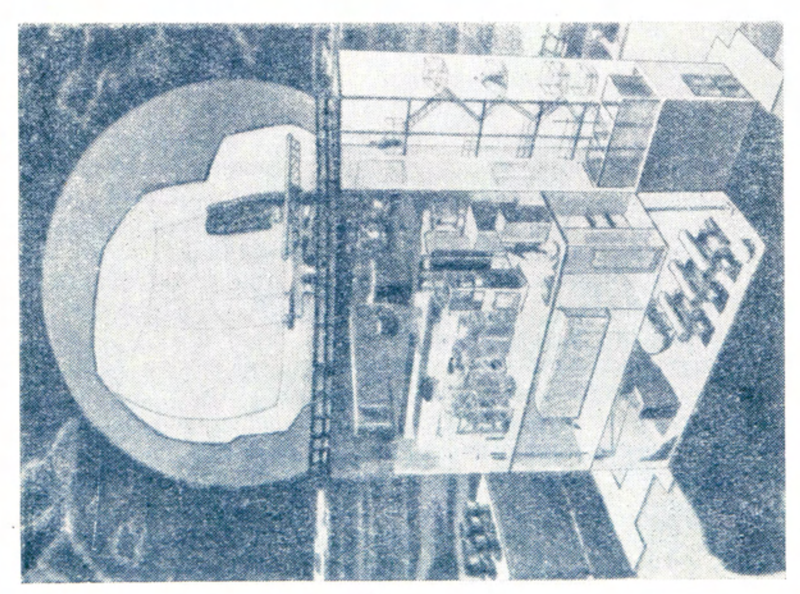


Рис. 2.14. Внутренний вид устройства трехмерной радиолокационной станции дальнего обнаружения типа AN/FPS-27

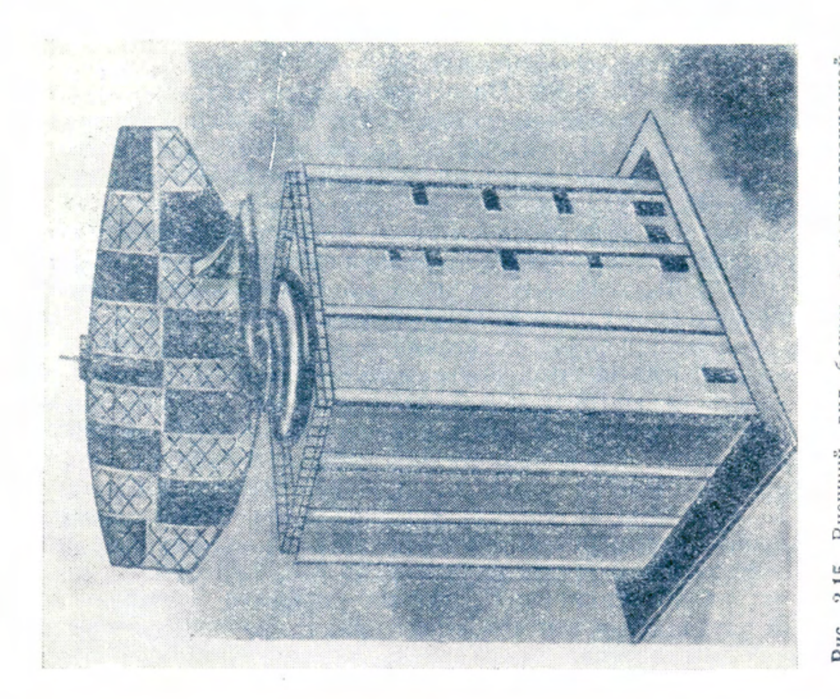


Рис. 2.15. Внешний вид башни с радиолокационной станцией дальнего обнаружения с разнесенными частотами типа AN/FPS-35

станциями, а также выдавать данные о целях, летающих с более высокими скоростями.

Был также разработан (фирмой «Авко») и в 1961 г. передан ВВС США (для системы «Сейдж») радиолокационный высотомер типа AN/FPS-26, работающий совместно с радиолокационной станцией дальнего обнаружения и позволяющий определять высоту приближающегося самолета на очень большом расстоянии (по сообщениям печати — за несколько сот миль).

Для системы ПВО разработаны и другие радиолокационные станции. В частности, для подвижных систем ПВО фирмой «Хьюз» создана трехкоординатная станция обнаружения с большой дальностью действия типа LW-3D. Электронное сканирование по углу места обеспечивает возможность измерения координат одновременно большого количества воздушных целей. РЛС может быть использована для обнаружения низколетящих воздушных целей. Станция имеет разборную антенну размером 2,74×3,65 *м*, которая при перебазировании складывается вдвое в виде папки. Общий вес РЛС около 3 *т*. Сообщалось, что стоимость этой РЛС на 40% ниже стоимости других РЛС ПВО, находящихся на вооружении в настоящее время.

Фирмой «Сперри» для морского корпуса США создана трехкоординатная транспортабельная РЛС дальнего обнаружения сверхзвуковых самолетов типа AN/TPS-34. Определение трех координат обеспечивается антенной с V-образной диаграммой направленности, формируемой при помощи двух отражателей особой формы. Зеркало каждого отражателя состоит из решетки (комбинация из металлических полос со слоистой ячеистой структурой из пластика), пропускающей волны лишь с определенной поляризацией. Вся РЛС вместе с обслуживающим персоналом укрывается радиопрозрачным надувным обтекателем высотой 16 *м*. Дальность действия станции около 400 *км*, высота обнаружения целей до 35 *км*.

Вся РЛС упаковывается в несколько контейнеров весом по 180 *кг*. Общий вес станции 11 340 *кг*. Станция может транспортироваться на вертолетах, транспортных самолетах и автомобилях. РЛС собирается и приводится в боевую готовность в течение 8 *ч*. При транспортировке на автомобилях время готовности составляет около 2 *ч*.

Дальнейшее совершенствование радиолокационных станций системы ПВО, выражающееся в улучшении их основных тактико-технических данных и отдельных параметров, идет по пути повышения излучаемой мощности, применения более совершенных методов управления лучом, а также усовершенствования методов обработки радиолокационных сигналов.

В настоящее время мощности передатчиков достигнуты почти предельные. Дальнейшее увеличение мощности приводит к пробоям в фидерных трактах и появлению рентгеновских излучений. Поэтому в разработках новых радиолокационных станций идут

другими путями: используют методы сжатия радиолокационного сигнала, применяют антенны с электрически управляемыми фазируемыми решетками, формирующими узкие диаграммы направленности с большим усилением, что улучшает точность измерения координат цели и обеспечивает необходимую гибкость в работе. Специальные методы приема и обработки радиолокационных сигналов, в частности использование малошумящих усилителей и применение методов статистического анализа, дают возможность надежно выделить слабый полезный сигнал из шумов при отношении сигнал — шум меньше единицы.

Система радиолокационного обнаружения в ПВО Североамериканского континента тесно взаимосвязана с системой дальнего обнаружения межконтинентальных баллистических снарядов BMEWS и системой обнаружения и слежения за космическим пространством SPADATS, в которую также входит система слежения за искусственными спутниками Земли SPASUR. Данные о воздушной и космической обстановке со всех постов и станций всех систем обнаружения поступают в боевой оперативный центр командования ПВО «Норад», где они обобщаются, оцениваются и используются для принятия решения.

§ 3. Другие источники информации

В системе «Сейдж», кроме радиолокационных, используются и другие источники информации. Одним из источников информации в воздушной обстановке в свое время являлся также наземный корпус воздушных наблюдателей GOC, в который входили тысячи добровольцев, наблюдавших за небом в течение нескольких часов ежедневно. Считалось, что люди могут уловить некоторые явления лучше, чем радиолокаторы. Число таких наблюдателей предполагалось увеличить до 1 млн. человек с тем, чтобы они обслуживали 24 тысячи пунктов. Однако 30 января 1959 г. этот корпус на территории США был расформирован.

Среди других источников информации можно упомянуть следующие:

— службу воздушного движения AMIS, представляющую информацию о планах полетов своих военных и гражданских самолетов;

— метеорологическую службу ВВС США, сообщающую информацию о погоде и особенно о скоростях ветра в различных пунктах и на различных высотах.

Глава 3

АППАРАТУРА СЪЕМА И ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

§ 1. Необходимость первичной обработки радиолокационных сигналов и возможности аппаратуры

Первичная радиолокационная информация, полученная непосредственно от радиолокационных станций, наряду с полезными данными о целях содержит, как правило, большое количество ложных сигналов (помех, шумов и др.). Передача всей этой информации по линиям связи приводит к различным затруднениям и перегрузкам как в самих линиях связи, так и в вычислительных машинах, куда эта информация поступает для оперативной обработки.

В связи с этим на радиолокационных станциях (и узлах) производится фильтрация радиолокационных сигналов и отсев избыточной информации. Выделение полезных сигналов из шумов и преобразование полученной информации о координатах целей в двоичный цифровой код называется первичной обработкой радиолокационной информации. Эта задача обычно выполняется аппаратурой автоматического съема и первичной обработки данных, устанавливаемой непосредственно на станции.

Практика показала, что при современном состоянии автоматического обнаружения человек может лучше, чем машина, выбирать и оценивать собранные радиолокационной станцией данные. Однако известно, что современные РЛС позволяют получить объем информации, значительно превышающий возможности оператора. Было установлено, что оператор не может воспринимать данные, поступающие чаще, чем один раз за 2 *сек*, и что его первоначальные возможности обнаружения новых целей быстро (примерно через 30 *мин* после начала работы) уменьшаются. Поэтому считается, что наиболее эффективной система обработки данных может быть при сочетании автоматической аппаратуры с оператором-контролером.

В системе «Сейдж» задачи съема и первичной обработки радиолокационных сигналов выполняются специальными машинами AN/FST-1 и AN/FST-2.

Машина AN/FST-1, называемая передатчиком координатных данных, является более ранней разработкой и представляет собой сравнительно простую аппаратуру обработки данных, рассчитанную на небольшой объем радиолокационной информации. Эта машина как основная аппаратура обработки данных применялась при испытаниях экспериментального образца системы ПВО, известной под названием «Кейп Код Систем», в которой использовалось всего несколько радиолокаторов небольшой дальности действия. Когда было принято решение о создании системы «Сейдж», в состав которой должны были входить радиолокаторы дальнего действия, дающие значительно больший объем информации, в системе обработки данных возникли трудности. Поэтому для усовершенствования процесса обработки данных в случае использования радиолокаторов дальнего действия была разработана цифровая вычислительная машина AN/FST-2, обеспечивающая автоматический съем радиолокационной информации и более эффективную ее фильтрацию.

Таким образом, в системе «Сейдж» на радиолокационных узлах, где установлены радиолокаторы дальнего действия, работающие, как правило, в комплексе с аппаратурой опознавания и радиолокационными высотомерами, применяются машины AN/FST-2, а на радиолокационных станциях маловысотных постов, дальность действия которых невелика, используется прежняя машина AN/FST-1 и в настоящее время.

Ниже рассматриваются принцип действия и конструктивные особенности машин типа AN/FST-1 и AN/FST-2.

§ 2. Машина AN/FST-1 (система SDV)

Машина типа AN/FST-1 съема и обработки радиолокационных данных, называемая системой замедленного съема видеосигналов SDV, была предложена в 1951 г. Кэмбриджским исследовательским центром ВВС США. Опытные образцы были разработаны лабораторией Линкольна Массачусетского технологического института, изготовление осуществлялось фирмой «Левит Маньюфекчуринг Корпорейшн».

Эта система, называемая иначе системой сужения спектра видеосигнала, разбивает радиолокационное изображение на элементарные участки: элементы дальности и элементы азимута (рис. 3.1). В результате поверхность экрана индикатора кругового обзора, как и площадь, охватываемая радиолокационной станцией, делится на большое количество элементарных участков. Система SDV предусматривает разбивку изображения на экране индикатора на 256 элементов азимута, каждый из которых представляет собой сектор шириной приблизительно 1,4°, что почти равно ширине

луча радиолокатора небольшой дальности действия. Каждый элемент азимута разбивается по длине радиуса экрана кругами дальности на 64 элемента дальности. Таким образом, все изображение оказывается разбитым на 16 384 элементарных участка, каждый из которых имеет ширину приблизительно 1,4° и длину, равную $^1/_{64}$ максимальной дальности радиолокатора. Выбор таких чисел, как 256 и 64, обусловлен тем, что они являются степенями числа 2, операции с которыми удобно производить в цифровых машинах.

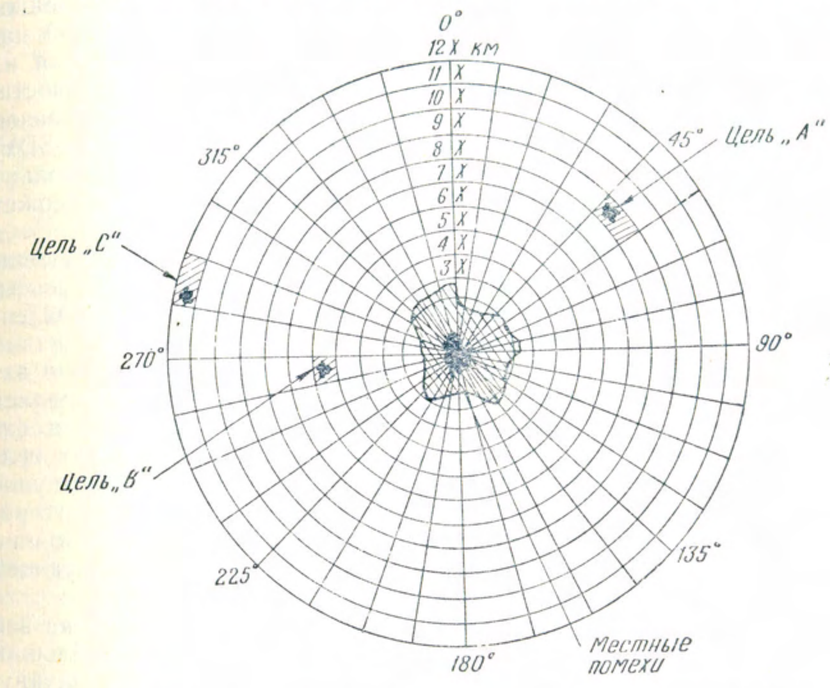


Рис. 3.1. Разбивка радиолокационного изображения воздушной обстановки на экране индикатора на элементарные участки дальности и азимута (квантование)

Если при этом предположить, что антенна РЛС вращается со скоростью примерно 5 *об/мин*, то на экране будет индицироваться 81 920 элементарных участков в минуту или 1365 элементарных участков в секунду. Передача такого числа двоичных знаков в секунду по обыкновенной телефонной линии или по радио затруднительна, а при больших скоростях вращения антенны вообще невозможна.

Причиной того, что первичная радиолокационная информация содержит такие высокочастотные составляющие, является наличие большого количества ложных сигналов, не соответствующих количеству целей в пространстве. Следовательно, первичное изображе-

ние имеет избыточную информацию, которую необходимо отфильтровать.

Основной задачей любой системы съема и обработки данных является установить, имеется цель или нет, причем это должно быть сделано машиной не хуже, чем оператором.

Эта задача в системе SDV выполняется при помощи накопительной электронно-лучевой трубки и двух ограничительных устройств, установленных на входе и выходе накопительной трубки. В качестве накопительной трубки используется электронно-лучевая трубка с барьерной сеткой типа «Радекон». В этой накопительной трубке используется растр из 256 точек, каждая из которых может соответствовать одному элементу дальности. Растр этой трубки рассчитан на систему, в которой весь диапазон дальности разбивается на 256 элементов, в системе же SDV, как уже указывалось, в настоящее время используется только 64 элемента дальности. Каждая точка растра такой трубки может накапливать заряд в течение ряда записывающих операций.

Благодаря наличию первого ограничителя на входе накопительной трубки на ее экран попадают не все видеоимпульсы, а только те, амплитуда которых превышает заранее установленный порог ограничения. Схема устроена так, что если величина входного сигнала достаточна, то он проходит ограничитель и запускает триггер, момент опрокидывания которого всегда совпадает с определенной меткой дальности, выданной имеющимся в системе генератором маркерных меток дальности, отмечающих границы элементов дальности на накопительной трубке. Импульс метки дальности, совпавший с импульсом сработавшего триггера, используется для возвращения последнего в исходное состояние и записи стандартного единичного заряда в соответствующей точке растра накопительной трубки.

Известно, что за время облучения цели радиолокатором на нее попадает и затем отражается целая пачка импульсов. Бо́льшая часть этих отраженных сигналов имеет достаточную величину, чтобы все они были записаны на накопительной трубке.

Таким образом, при приеме радиолокатором отраженных сигналов от целей на тех элементах дальности накопительной трубки, которые соответствуют дальностям действительных целей, производится накопление заряда. Величина заряда в таких точках растра трубки будет пропорциональна числу записанных сигналов.

При отсутствии сигналов от цели и малых шумах записи не произойдет, а при наличии случайной сильной помехи произойдет запись только одного единичного сигнала или нескольких сигналов на различных элементах дальности.

Таким образом, на входе накопительной трубки производится разделение сигнала по амплитуде на две градации: «есть цель» и «нет цели». Следовательно, машина автоматически решает вопрос о наличии или отсутствии цели по отраженным сигналам от каждого зондирующего импульса.

После записи всех сигналов на всех элементах дальности за время прохождения одного элемента азимута производится одноразовое считывание зарядов. Так как считывание производится со стиранием, то с элементов растра снимается весь заряд и накопление заряда во время последующих операций записи будет начато с нуля. Получается, что накопительная трубка как бы суммирует число отраженных от цели импульсов в каждом элементе дальности за время прохождения каждого элемента азимута.

Второй ограничитель, стоящий на выходе накопительной трубки, обеспечивает передачу в линию в качестве целей только тех сигналов, амплитуда которых превышает заранее установленную определенную величину. Поэтому передаваемое изображение на приемном конце представляется резко контрастным, без полутонов, т. е. в каждом элементарном участке резко разграничено наличие или отсутствие сигнала, отображающего цель. Итак, на выходе накопительной трубки вторично автоматически решается вопрос о наличии или отсутствии цели.

Для такого устройства важнейшая характеристика — допустимое количество ошибок, которые могут быть в тех случаях, когда слабые отметки целей практически не отличимы от помех. Снижение уровня ошибок достигается за счет тщательной регулировки ограничителей. С этой целью входной уровень ограничения устанавливается так, что, когда сигналов от цели нет, на выходе только в исключительных случаях могут получаться квантованные сигналы, обусловленные только помехами. Ограничитель на выходе накопительной трубки регулируется так, что он тоже редко дает выходные сигналы, накопленные только от ложных входных сигналов. При надлежащем выборе обоих уровней ограничения устройство будет обладать способностью различать слабые отметки целей не хуже оператора.

Поскольку изменение усиления приемника радиолокатора может основательно нарушить работу аппаратуры, в системе SDV используется автоматическая регулировка усиления для поддержания заданного уровня ограничения.

При соответствующей калибровке аппаратура способна работать длительное время без подрегулировки.

Полученная таким образом информация с помощью специального кодирующего устройства преобразуется в двоичный код и передается со скоростью 1600 *имп/сек* по существующим стандартным телефонным линиям в оперативный центр сектора. Поскольку обработка и передача производятся в реальном масштабе времени, скорость передачи данных является функцией частоты сканирования (скорости вращения луча) обзорного радиолокатора. Неизбежные небольшие отклонения в скорости вращения антенны компенсируются не изменением скорости передачи, а путем допустимых изменений количества кругов дальности в каждом дискретном секторе обзора по азимуту.

Машина AN/FST-1 конструктивно состоит из двух независимых комплектов, каждый из которых может обрабатывать данные от радиолокатора и передавать их по телефонной линии. Значительная часть объема аппаратуры занята вспомогательными схемами. Автоматическое устройство обнаружения неисправностей и дистанционная контрольная аппаратура позволяют автоматически переключать вышедший из строя основной комплект на резервный. Другие устройства обеспечивают индикацию состояния аппаратуры и генерирование испытательных и калибрационных напряжений, используемых при ремонте и эксплуатации.

Каждый комплект машины помещается в двух шкафах, в одном из которых находится основная аппаратура, а в другом — источники питания. Два комплекта аппаратуры занимают четыре шкафа, в двух средних шкафах размещается основная аппаратура системы.

Монтаж блоков в машинных шкафах просматривается непосредственно. Восемь блоков покрыты масками из пластмассы, имеющими прорези, через которые можно контролировать режим аппаратуры путем проверки соответствующих контрольных точек специальным тестером. Имеется большое количество неоновых ламп, фиксирующих режим работы триггеров. Эти неоновые лампы и контрольные точки дают возможность обслуживающему персоналу регулировать аппаратуру и выявлять недостатки в ее работе.

С задней стороны каждого машинного шкафа расположены восемь блоков, собранных на сменных модульных платах. Относительно небольшое число разных модулей и легкость их замены упрощают эксплуатацию этой аппаратуры. Текущий ремонт аппаратуры в полевых условиях производится путем замены вышедших из строя модулей отремонтированными. Чтобы конструкция была компактной и узлы взаимозаменяемы, сменные модули монтируются на печатных панелях. Так как аппаратура предназначена для работы в наземных условиях, то к ней не предъявлялось жестких требований в отношении габаритов. Первостепенное значение придавалось надежности и удобству эксплуатации.

В заключение следует упомянуть о контрольном индикаторном устройстве OA-947 (Coordinate Data Monitor), предназначенном для отображения и контроля данных, получаемых от аппаратуры SDV. В нем имеется декодирующая схема для восстановления с целью контроля передаваемого по телефонной линии того изображения, какое было на радиолокационном индикаторе кругового обзора, но уже без фона шумов. Специальными органами обеспечивается регулировка интенсивности индикации каждой цели, колец дальности и отметки «север». Устройство допускает отображение и других данных. Характерной особенностью этого контрольного устройства является наличие на нем специального фотосъемника, представляющего собой фотоэлектрическую световую «пушку», которая крепится в верхней части индикатора таким образом, что может быть расположена над любой точкой лицевой поверхности индикатора, и служит для записи координат дальности и азимута цели, попадающей в ее поле зрения, на дополнительную машинную ленту (фототелеграфный аппарат).

§ 3. Машина AN/FST-2 (система FGD)

Машина AN/FST-2, разработанная лабораторией Линкольна Массачусетского технологического института и изготовленная фирмой «Берроуз», называется иначе устройством передачи координатных данных (Coordinate Data Fransmitter Set). Она состоит из двух основных частей:

— аппаратуры съема и обработки информации, поступающей от радиолокационных станций дальнего обнаружения;

— аппаратуры полуавтоматического измерения высоты.

Съем координат цели. Первая часть машины выполняет следующие функции:

— получение первичной информации от обзорных РЛС и аппаратуры опознавания;

— выделение эхо-сигналов из шумов;

— определение дальности и азимута целей;

— опознавание;

— временное хранение радиолокационной информации;

— преобразование информации в цифровой код для передачи ее по линии связи в оперативный центр системы «Сейдж».

Аппаратура съема системы FGD (Fine-Grain Data — высокодискретные данные) работает следующим образом.

На вход машины поступают все видеосигналы с выхода поисковых РЛС и аппаратуры опознавания. Обработка этих сигналов в машине позволяет выделить полезную информацию о целях на фоне шумов приемника и отраженных сигналов от земли, моря, облаков и местных предметов. Для улучшения процесса фильтрации входной информации в машине предусмотрена обратная связь с выхода машины на вход.

Поступающие видеосигналы в машине квантуются (разделяются) по дальности, преобразуются в импульсы двоичного цифрового кода и передаются для записи на магнитный барабан с достаточным количеством дорожек. Магнитный барабан вращается с большой скоростью, которая точно синхронизируется с частотой посылок радиолокатора при помощи чувствительной следящей системы. Каждая дорожка барабана имеет головку записи и воспроизведения. При этом информация, записанная на барабан записывающей головкой, считывается головкой воспроизведения точно через интервал времени, равный периоду посылок зондирующих импульсов РЛС. Магнитный барабан хранит информацию, полученную со всех дальностей, на время обработки этой информации вычислительным устройством.

На N дорожках барабана, рассчитанных на запись всего числа

излученных импульсов пакета, принятые эхо-сигналы записываются в виде квантованных импульсов, число которых обычно равно n, где $0 \leqslant n \leqslant N$. Принятые импульсы записываются на соседних дорожках последовательно через каждый период посылки зондирующих импульсов и хранятся до окончания приема импульсов всего пакета. После этого производится обработка записанной информации.

В определенный момент головки воспроизведения начинают считывать записанные эхо-импульсы для данной дальности R_1 и с помощью накопительных цепей и схем сравнения сравнивают число записанных импульсов n с заранее установленным числом n_1, являющимся критерием при определении полезности информации. Число отраженных импульсов от реальной цели n должно быть не меньше n_1.

Число n_1 определяется статистическими методами при рассмотрении типовой пачки отраженных от цели импульсов с определенной дальности для первой (набегающей) половины луча РЛС. Такими же статистическими методами определяют и среднее число принимаемых импульсов n_2, приходящихся на вторую (сбегающую) половину луча. Числа n_1 и n_2 являются функциями дальности и, как показывает статистика, обычно $n_2 < n_1$.

Выделение полезной информации из принятых сигналов в этой машине осуществляется методом «скользящего строба». Как только путем сравнения n и n_1 будет установлено, что записанная на магнитном барабане пачка импульсов принята от реальной цели, характеристики этой цели (дальность, азимут и др.) автоматически определяются и эта информация передается на выходное устройство машины.

Дальность до цели измеряется триггерным счетчиком масштабных импульсов дальности, генерируемых специальным калиброванным генератором, который запускается одновременно с посылкой зондирующего импульса РЛС. Счетчик измеряет отрезок времени между моментом посылки зондирующего импульса и моментом приема эхо-сигнала, который соответствует дальности до цели.

Вышеупомянутое разделение луча РЛС на набегающую и сбегающую половины позволяет с высокой точностью определить азимут цели. За истинный азимут цели принимается полусумма азимутов начала и конца пакета импульсов, облучающих данную цель.

Схема (рис. 3.2) определения текущего азимута цели работает следующим образом. В схеме имеется счетчик масштабных импульсов азимута, вырабатываемых специальным генератором, связанным с приводом вращения антенны РЛС, который фиксирует азимут антенны РЛС в цифровом коде на любой момент времени. Этот счетчик один раз за период обзора синхронизируется с вращением антенны при помощи маркерного импульса «север», устанавливающего счетчик на нуль. Несинхронность частоты следования импульсов РЛС со скоростью вращения антенны не влияет на точность определения азимута.

Для облегчения определения точного азимута ведется дополнительный счет масштабных импульсов азимута, зарегистрированных во время облучения цели радиолокатором. С этой целью масштаб-

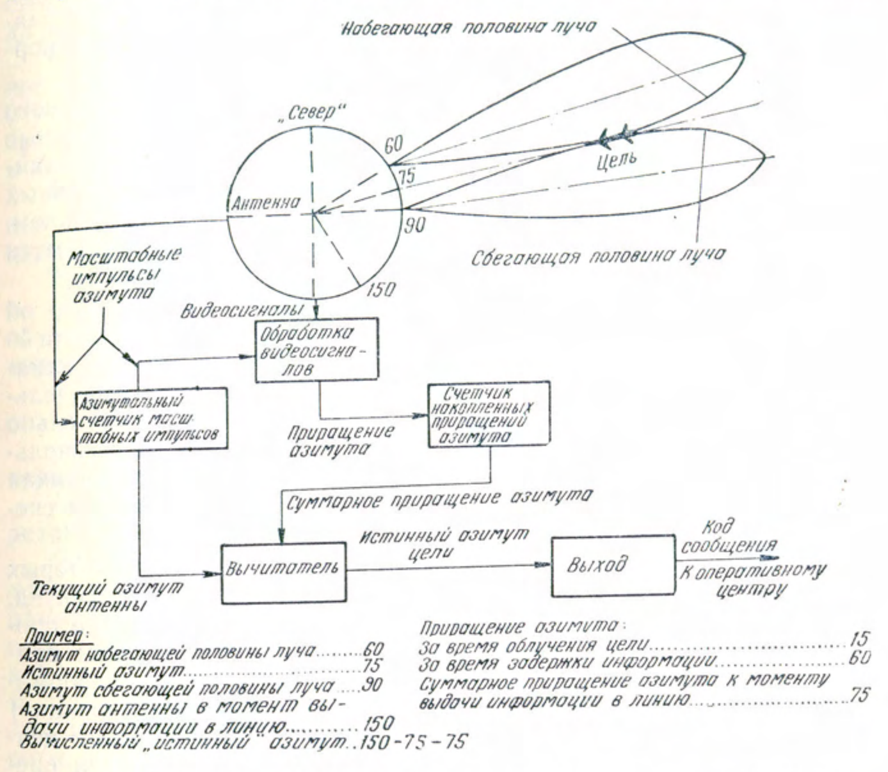


Рис. 3.2. Принцип автоматического определения азимута цели в машине AN/FST-2

ные импульсы азимута записываются на дополнительных дорожках барабана, специально отведенных для записи азимутальных импульсов при помощи специального счетчика. При подходе набегающей части луча к цели на полосе дорожки соответствующей дальности записывается нуль, затем, пока цель находится в пределах луча РЛС, счетчик считает масштабные импульсы азимута между очередными посылками зондирующих импульсов с частотой, в два раза меньшей, и это уменьшенное в два раза количество азимутальных импульсов записывается на дорожке барабана (накопителя) за каждый период посылок. Как только цель останется за пределами сбегающей части луча, сосчитанное этим счетчиком и записанное в накопителе количество азимутальных импульсов вычитается из показания основного счетчика масштабных импульсов азимута, что дает истинное значение азимута цели.

Однако, поскольку по окончании расчета истинного азимута цели линия связи может быть занята передачей другой информации, число азимутальных импульсов, записанное во время облучения цели, остается на барабане, но к нему продолжают добавляться масштабные импульсы азимута, поступающие уже с нормальной частотой.

Как только линия связи будет готова к передаче очередного сообщения и информация о цели будет передаваться на выходные регистры, суммарное количество азимутальных импульсов, записанных на барабане, вычитается из всего количества масштабных импульсов азимута, зарегистрированного основным счетчиком. В результате получится то же самое истинное значение азимута цели, несмотря на задержку в передаче.

При передаче информации в выходное устройство данные об азимуте снимаются с магнитного барабана, данные о дальности — с регистра дальности. Информация о целях, полученная по каналам опознавания и активного ответа, обрабатывается в отдельном канале машины. Так как ответные сигналы значительно больше по мощности, чем эхо-сигналы, для их обработки используются другие критерии обнаружения. Информация, полученная по каналам опознавания и активного ответа, сопровождается специальным признаком в выходном сообщении.

При сложной воздушной обстановке информация о некоторых целях может храниться в машине в течение нескольких секунд, прежде чем она поступит в линию связи. Поэтому в машине производится изменение промежутка времени между моментом приема последнего импульса пакета и моментом передачи информации в выходное устройство. Это время задержки («старения») информации является важным показателем для оперативного центра. Если время задержки информации о координатах цели превышает заранее установленную величину, информация считается устаревшей и стирается с устройств памяти. При этом предполагается, что цель будет обнаружена вновь в следующем периоде обзора. Стирание же еще не устаревших данных может произойти только при исключительно сложной воздушной обстановке.

В выходном устройстве машины AN/FST-2 сосредоточивается вся информация о цели. В состав информации, передаваемой с машины в оперативный центр, входят следующие данные: азимут, дальность, ширина пакета (число масштабных импульсов между набегающим и сбегающим краями луча), время хранения информации (время между моментом прихода последнего импульса пакета и моментом выдачи информации в линию связи), признак опознавания и синхронизирующий импульс. Другие характеристики цели определяются и передаются по специальному запросу из оперативного центра.

Некоторая информация, передаваемая в оперативный центр, маркируется специальным кодом. К такой информации относятся:

— «контрольная цель», сигналы которой вырабатываются один раз за период обзора для проверки работы машины AN/FST-2;

— ответная информация о высоте цели, имеющая преимущество перед другой информацией в отношении очередности передачи по той же линии связи.

Когда линия связи готова к передаче, информация с выходного регистра машины со скоростью 1300 *имп/сек* поступает в преобразующее устройство, которое последовательный ряд импульсов преобразует в синусоидальный сигнал для передачи информации в таком виде в линию связи.

Измерение высоты. Информацию о высоте цели получает секция SAH/F (Semiautomatic Height Finder — полуавтоматический измеритель высоты) машины AN/FST-2.

Эта вторая часть машины осуществляет следующие функции:

— получение из оперативного центра запросных команд о необходимости измерения высоты или определения дополнительных характеристик некоторых важных целей;

— выработку команд целеуказания высотомеру для разворота его антенны на заданный азимут;

— обеспечение операторов визуальной информацией о характеристиках определенных целей;

— подготовку данных оператору для принятия решения о передаче информации в оперативный центр.

Одна машина AN/FST-2 рассчитана на работу с двумя радиолокационными высотомерами, обслуживаемыми двумя операторами. Полуавтоматический высотомер SAH/F (рис. 3.3) работает следующим образом. Из оперативного центра по линии связи в машину AN/FST-2 поступает запрос о высоте конкретной цели. В этом запросе содержатся коды плоскостных координат *X* и *Y* запрашиваемой цели, предполагаемое или последнее значение высоты, а также такие признаки, как номер радиолокационного узла и номер цели.

С помощью специального дискретно-аналогового преобразователя и следящей системы прямоугольные координаты в дискретной форме быстро преобразуются в полярные координаты в виде непрерывных напряжений. Значение угла преобразуется в положение вала, которое передается на антенну радиолокационного высотомера. Значение дальности преобразуется в напряжение, которое используется для выработки импульсного строба дальности.

Таким образом, по получении запросных команд высотомер разворачивает антенну на заданный азимут цели и вырабатывает импульс дальности, который отмечает указанную дальность до цели на индикаторе «дальность — высота». Кроме того, высотомер преобразует цифровой код высоты, хранящийся в его регистре высоты, в постоянное напряжение, которое используется для отметки высоты на том же индикаторе. Как только высотомер окажется направленным на цель по всем координатам, оператор пре-

дупреждается об этом специальным визуальным сигналом на пульте управления, а на экране индикатора высотомера высвечиваются линии дальности и высота вблизи отметки той цели, высота которой должна быть измерена.

Сигналы, поступающие от радиолокационного высотомера, отображают на экране индикатора отметки целей и угол места антенны. Вертикальная пунктирная линия дальности образуется

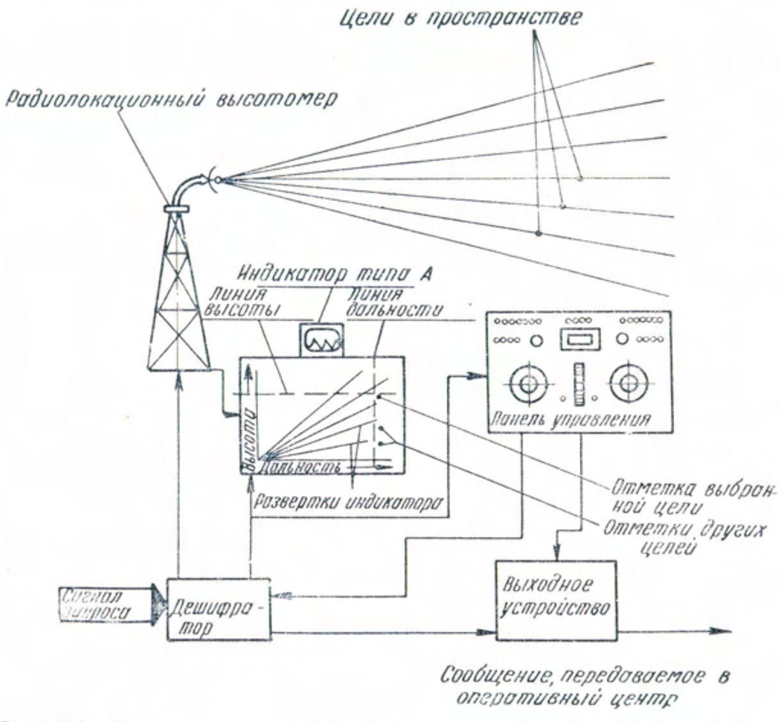


Рис. 3.3. Принцип полуавтоматического определения высоты цели в машине AN/FST-2

стробом дальности, который подсвечивает развертку индикатора, когда она проходит точку заданной дальности, а горизонтальная линия высоты наносится путем наложения напряжения высоты, полученного от высотомера, на напряжение развертки индикатора.

На пульте управления оператора высоты имеется штурвал (маховик), связанный с датчиком масштабных импульсов высоты, счет которых производится в регистре высоты, находящемся в высотомерной части машины AN/FST-2. Направление вращения штурвала определяет суммирование или вычитание импульсов в регистре высоты. Поворачивая штурвал, оператор совмещает линию высоты с отметкой нужной цели, находящейся на линии заданной дальности. В момент совмещения оператор нажимает на

кнопку отсчета и этим обеспечивает передачу информации о высоте цели в регистр высоты, где она хранится до того момента, когда автоматически будет передана в оперативный центр.

Определение дополнительных характеристик. В высотомерной части машины AN/FST-2 имеется устройство, позволяющее определять дополнительные характеристики цели также по специальному запросу из оперативного центра. В запросе может содержаться требование уточнить, например, количество самолетов в группе, ширину и глубину строя и т. д. При получении запроса

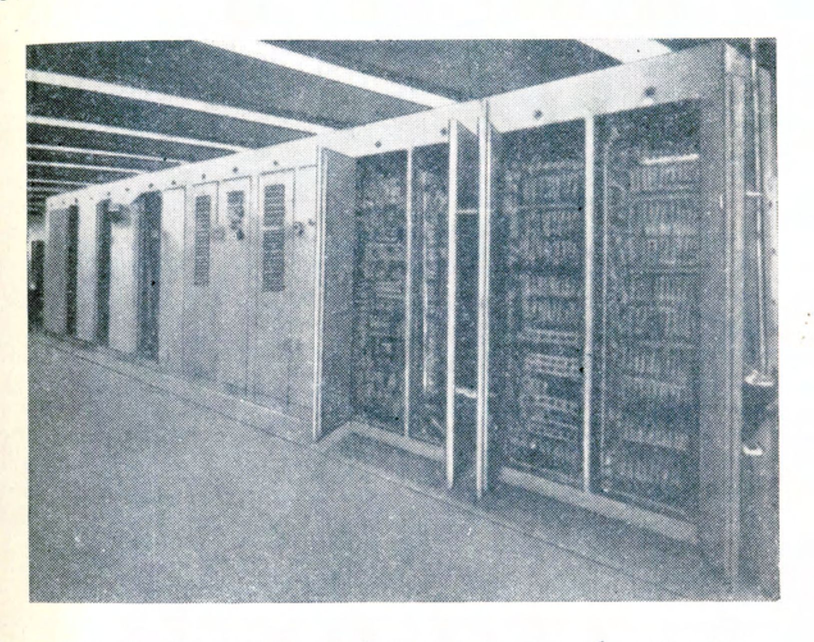


Рис. 3.4. Стандартные шкафы с электронным оборудованием машины AN/FST-2

на индикаторе оператора по уточнению характеристик высвечиваются особые визуальные сигналы. Уточнение характеристик цели производится на специальном индикаторе типа A, на котором район выбранной цели просматривается в увеличенном масштабе на участке протяженностью 8 *км*. Переключатели на пульте оператора позволяют вводить коды признаков дополнительных характеристик в состав выходного сообщения, передаваемого в оперативный центр.

Конструкция, надежность и обслуживание. Для обеспечения непрерывной работы в течение многих суток аппаратура AN/FST-2 состоит из двух одинаковых машин, работающих попеременно (дуплексная система). Поскольку информация хранится в машине в течение всего нескольких секунд, нет необходимости в непре-

рывном обмене между двумя машинами, как это имеет место в машинах AN/FSQ-7 оперативного центра.

Машина AN/FST-2 устанавливается на радиолокационном узле в стационарном помещении. Электронное оборудование и

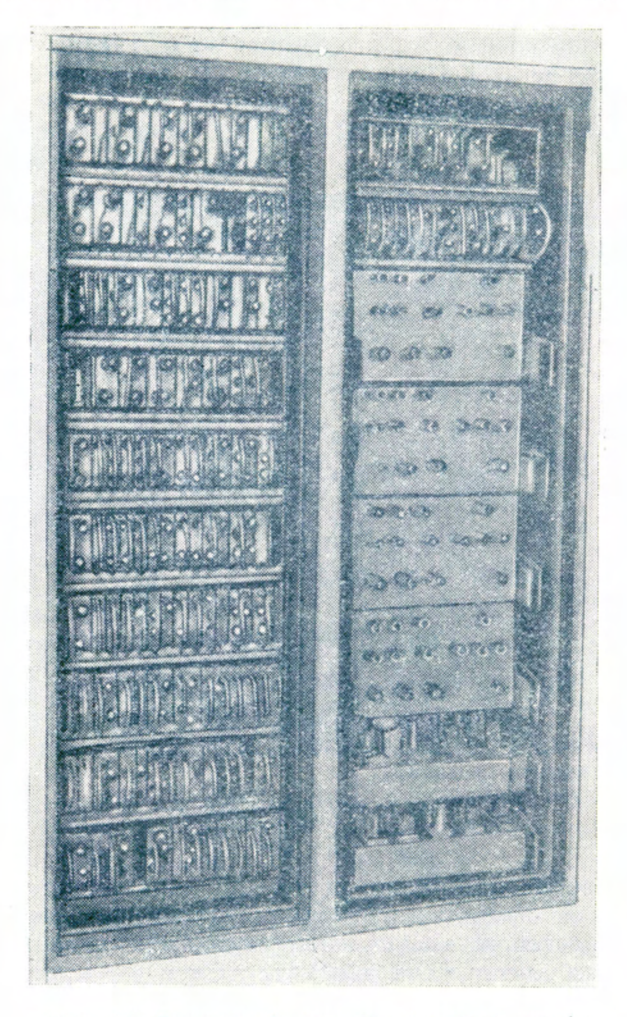


Рис. 3.5. Внутренний вид стандартного шкафа машины AN/FST-2

источник питания для двух машин размещаются в стандартных шкафах (рис. 3.4), снабженных системой кондиционирования воздуха. Все оборудование дуплекса занимает 21 шкаф. Шкафы располагаются в три ряда по восемь, пять и восемь шкафов в ряду соответственно. Для обеспечения надежности имеется два

комплекта источников питания, которые занимают четыре шкафа среднего ряда. В пятом центральном шкафу расположена аппаратура коммутации, обеспечивающая подачу напряжения от любого источника питания на любую из двух машин дуплекса. Каждая из машин размещается в восьми шкафах одного из крайних рядов.

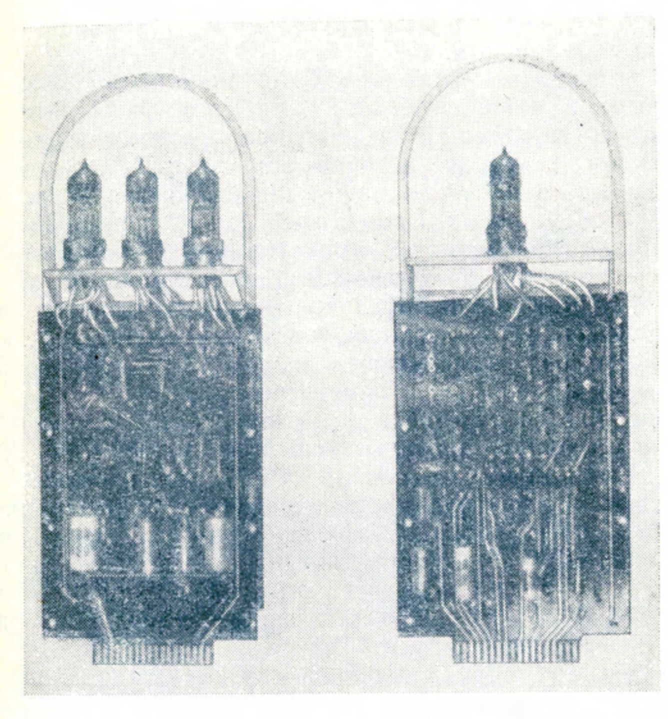


Рис. 3.6. Съемные ячейки с печатным монтажом для стандартных блоков машины AN/FST-2

В систему AN/FST-2 входит также несколько индикаторных устройств с пультами управления, обслуживаемых операторами. Вся аппаратура дуплекса потребляет мощность около 43,5 *ква*, и для вентиляции необходима система кондиционирования воздуха.

Каждая машина AN/FST-2 содержит около 6900 электронных ламп и 24 000 полупроводниковых диодов (рис. 3.5). Для удобства сборки, обслуживания и ремонта машины отдельные ее устройства и блоки (триггеры, усилители, инверторы, вентили, диодные матрицы и др.) выполнены в виде стандартных ячеек с печатным монтажом (рис. 3.6). Некоторые устройства, содержащие детали больших габаритов или требующие специального монтажа, или сборки, собраны на шасси стандартных блоков с салазками, что обеспечивает легкий доступ к блокам.

Машина AN/FST-2 проектировалась, исходя из высоких требований в отношении надежности. При этом расчет велся на самый худший случай, т. е. допускалось, что все элементы машины имеют одинаковый срок службы. Конструкция машины получилась сложная. Она усложнилась еще из-за требования несинхронности частоты посылок со скоростью вращения антенны и скоростью передачи данных по линиям связи. Усложнение конструкции привело к затруднениям в обнаружении и устранении неисправностей в схемах машины.

Для облегчения контроля за работой машины и профилактического осмотра в машине AN/FST-2 предусмотрены система контроля запаса надежности и большое количество внутренних устройств для контроля и проверки цепей. Благодаря этим устройствам много проверок может производиться во время нормальной работы машины. Кроме того, для полной проверки всех частей машины предусмотрен имитатор целей, который вырабатывает периодически повторяющиеся всевозможные характеристики целей. По желанию обслуживающего персонала имитатор может обеспечить синхронизацию частоты генерируемых им триггерных импульсов, азимутальных масштабных импульсов и частоты посылок импульсов по линии связи.

Для контроля за работой и обслуживанием машины AN/FST-2 в комплекте машины предусмотрены два индикатора. Один из них — индикатор кругового обзора (PPI), установленный вблизи передней панели машины,— обеспечивает отображение сигналов обнаруженных целей и различных вспомогательных квантованных видеосигналов. Другой — индикатор дискретных данных типа B — позволяет осуществлять строгий контроль за координатами азимута и дальности каждой цели, передаваемой в оперативный центр.

Кроме того, на радиолокационном узле устанавливаются индикатор типа RAPPI (Random Access PPI) для фильтрации случайно попавших сигналов и связанная с ним буквопечатающая машина для контроля и записи (документирования) выходной информации.

Глава 4

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ОПЕРАТИВНОГО ЦЕНТРА СЕКТОРА ПВО

§ 1. Общая характеристика вычислительного комплекса и его задачи

Вычислительный комплекс оперативного центра сектора, состоящий из двух взаимосвязанных электронных цифровых вычислительных машин типа AN/FSQ-7, является основным техническим средством управления боевыми действиями сектора ПВО (рис. 4.1 и 4.2).

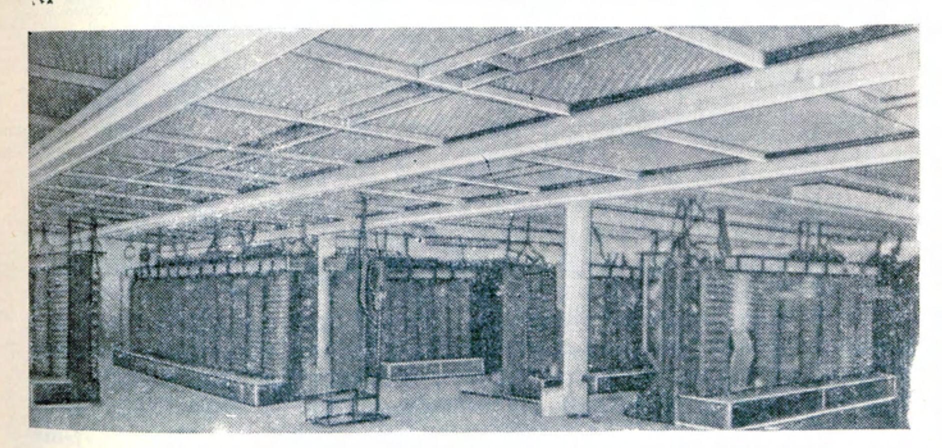


Рис. 4.1. Общий вид машинного зала, где располагается вычислительный комплекс AN/FSQ-7

Основное назначение электронной вычислительной машины AN/FSQ-7 — обработка всей поступившей информации о воздушной обстановке (в том числе вторичная обработка радиолокационной информации), прием и обработка информации о состоянии всех своих средств ПВО, выработка данных для отображения

общей картины воздушной и наземной обстановки в секторе и отдельных ее участков, выработка рекомендаций для принятия решений по отражению боевых действий противника и выдача боевых инструкций или команд наведения своим активным средствам ПВО.

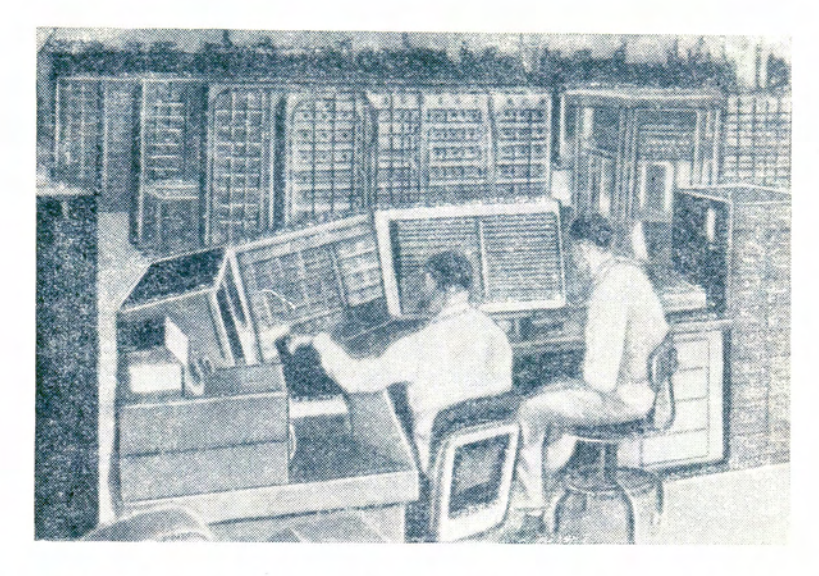


Рис. 4.2. Отдельные устройства вычислительной машины AN/FSQ-7

Вычислительная машина AN/FSQ-7 разработана рядом организаций при непосредственном участии лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института на базе более простой машины «Вихрь 1», с которой производились испытания первого опытного образца автоматизированной системы ПВО «Кейп Код Систем». Машина AN/FSQ-7 сконструирована, изготовлена и смонтирована американской фирмой IBM. Стоимость машины 27 млн. долларов. Машина была продемонстрирована в действии при испытаниях первого оперативного центра на базе ВВС США Мак-Гайр в июне 1958 г., показала удовлетворительные результаты и была принята на вооружение.

Машина AN/FSQ-7 является универсальной быстродействующей цифровой одноадресной машиной параллельного действия, работающей в реальном масштабе времени. В машине применена двоичная система счисления с размерами ячейки на 32 двоичных разряда.

Как и в других подобного типа машинах, основными элементами ее являются вычислительное устройство (центральный вычислитель), буферные запоминающие устройства (на магнитных

барабанах и ферритовых сердечниках) для хранения входной и выходной информации и программ работы машины, датчик времени, работающий в истинном масштабе времени, запоминающие устройства на магнитной ленте для документирования различных входных и выходных данных (рис. 4.3).

На вход вычислительной машины поступает следующая информация: радиолокационная информация о воздушной обстановке от радиолокаторов дальнего обнаружения, радиолокацион-

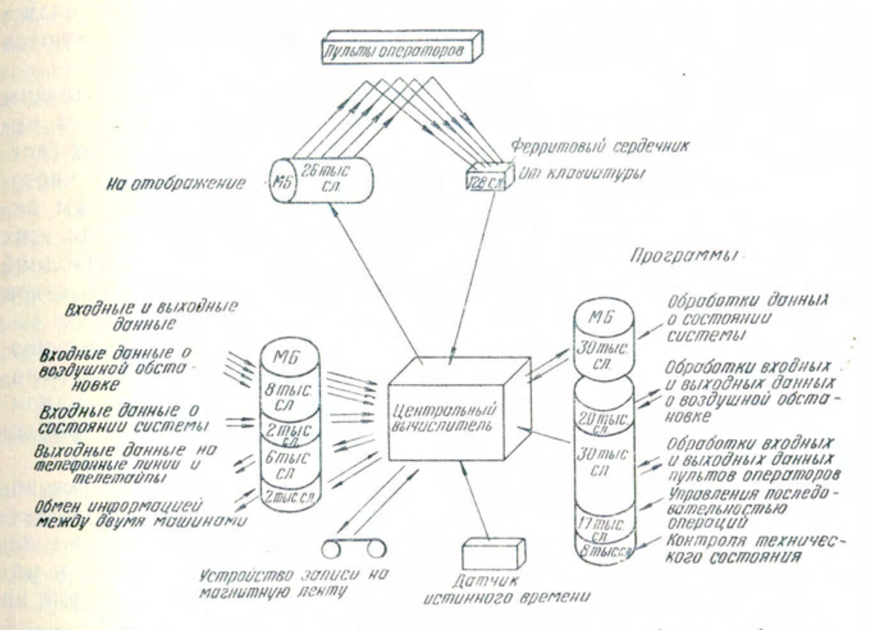


Рис. 4.3. Распределение буферной памяти и схема обмена информацией в вычислительной машине AN/FSQ-7

ных высотомеров, радиолокаторов маловысотных постов, радиолокаторов «Техасских вышек», сторожевых кораблей и патрульных самолетов; информация о планах полетов от службы воздушного движения; информация о состоянии и боеготовности боевых средств ПВО (истребителей-перехватчиков, управляемых снарядов и других средств) от баз и пунктов дислокации этих средств; метеоданные, включающие информацию о скорости ветра в различных пунктах и на различных высотах от метеослужбы ВВС США; кроме того, информация поступает от оперативных центров соседних секторов и вышестоящего командного пункта.

Обмен информацией между вычислительными машинами соседних секторов необходим для обеспечения непрерывного наблюдения за теми самолетами противника, которые выходят за пре-

делы данного сектора. Обмен информацией между вычислительной машиной AN/FSQ-7 оперативных центров и вычислительной машиной AN/FSQ-8 вышестоящего командного пункта используется для равномерного распределения боевых действий между секторами и рационального управления ими на большей территории, чем территория одного сектора.

Выходные данные от каждого источника информации поступают в оперативный центр с весьма различными средними и максимальными скоростями (темпом передачи). В системе «Сейдж» для передачи входной (и выходной) информации используются три способа передачи данных.

Первый способ — автоматическая передача данных с высоким темпом передачи. В этом случае данные от первоисточников информации или промежуточных элементов поступают непосредственно в вычислительную машину в виде цифрового кода с частотой 1300 импульсов в секунду по узкополосным телефонным линиям и по радиоканалам. Типичным примером использования этих каналов связи являются передачи в оперативный центр выходной информации от радиолокаторов обнаружения и взаимные связи между соседними центрами.

Второй способ — автоматическая передача данных с более низким темпом, которая осуществляется буквопечатающей аппаратурой связи (телетайпами). Таким методом передаются, например, данные о планах полетов своей авиации службой управления воздушным движением.

Третий способ — передача данных путем телефонных переговоров — используется в тех случаях, когда автоматизация не является необходимой и оказывается слишком дорогостоящей или невозможной. Информация, полученная таким путем, вводится в машину при помощи перфокарт или клавиатуры, установленной на пультах операторов.

Из вышесказанного видно, что все источники информации и промежуточные элементы в секторе функционируют асинхронно.

Все данные, получаемые от многих звеньев системы, как входящих в данный сектор, так и находящихся за его пределами, автоматически обрабатываются вычислительной машиной AN/FSQ-7 и используются операторами оперативного центра для более точного опознавания своих и чужих самолетов и более рационального выбора тех или иных боевых средств при принятии тактического решения. Задачей машины является обработка информации от каждого источника в такой последовательности и с такой скоростью, которые соответствуют значимости отдельных поступающих данных в функционировании всей системы ПВО. Таким образом, координация и регулирование входной информации в истинном масштабе времени является одной из главных функций вычислительной машины.

Период поступления входной радиолокационной информации и обновления основной информации о воздушной обстановке в

машине составляет 15 *сек* (по некоторым данным — 10 *сек*). Время записи принятого сообщения на буферный магнитный барабан 10 *мксек*. Время выборки информации из оперативной памяти 6 *мксек*. Быстродействие машины — 75 000 операций в секунду. Рабочая частота 2 *Мгц*. При любой загрузке машины последовательность операций и цикличность их повторения остаются постоянными.

Заложенная в машине программа, включающая около 100 000 команд, обеспечивает выполнение возложенных на нее задач. Программа работы машины составляется из отдельных подпрограмм, каждая из которых обеспечивает выполнение отдельной самостоятельной задачи. Для управления последовательностью операций в машине имеется специальная подпрограмма, которая постоянно хранится в оперативном запоминающем устройстве.

При выполнении большинства операций вычислительная машина работает в режиме повторений, используя контур обратной связи (цепь замкнутого регулирования). При выполнении этих операций система является самокорректирующейся почти для всех возможных погрешностей (за исключением нескольких маловероятных случаев). Имеющиеся в машине параллельно включенные контрольные цепи (во входных и выходных буферных устройствах, в оперативном запоминающем устройстве) исключают некоторые данные, явившиеся результатом случайных ошибок.

В соответствии с основной программой машина AN/FSQ-7 выполняет следующие задачи:

1. Принимает и запоминает информацию о воздушной обстановке, автоматически и непрерывно поступающую от машин, установленных на радиолокационных узлах, и от других источников своего сектора, а также информацию от соседних секторов и вышестоящего командного пункта.

2. Осуществляет фильтрацию полученной информации, сопоставляя пришедшие от различных источников данные о воздушных целях.

3. Определяет принадлежность самолетов, не опознанных радиолокационными ответчиками, сопоставляя данные о курсах самолетов с планами полетов и другими данными.

4. Преобразует три координаты целей (азимут, дальность и высоту), определенные отдельными радиолокационными узлами, в единую прямоугольную систему координат в масштабе сектора.

5. Вычисляет упрежденное положение, курс, скорость и другие характеристики целей, необходимые для расчета боевых операций.

6. Принимает и запоминает автоматически и непрерывно поступающую информацию о состоянии и боеготовности своих боевых средств, а также такую информацию, как метеоданные и т. п.

7. Обеспечивает выдачу информации о воздушной и наземной обстановке для отображения ее на экранах индикаторов оперативного центра. На основании заранее введенных в запоминающее

устройство данных обеспечивается отображение границ сектора, дислокации и радиусов действия батарей, а также дислокации баз своих истребителей-перехватчиков.

8. Определяет наиболее эффективные средства перехвата и дает основу для принятия тактического решения.

9. Решает задачу перехвата самолетов противника средствами, расположенными на ближайших базах сектора. При этом вычисляются координаты расчетной точки перехвата, время (в минутах), необходимое для перехвата, начальные курсы истребителей-перехватчиков при вылете со своих баз.

Все варианты решений, выполненных машиной, поступают на рассмотрение командования сектора для принятия определенного тактического решения.

10. Решает задачу наведения своих истребителей-перехватчиков и ЗУРС на самолеты противника, вырабатывает команды для наведения и возвращения своих самолетов на свои базы после выполнения боевой задачи.

11. Расчленяет сложную обстановку на простые «ситуации», содержащие один объект противника и наводимые на него средства перехвата.

12. При уходе самолетов противника в зону соседнего сектора передает информацию об этих самолетах в вычислительную машину соседнего оперативного центра.

13. Передает информацию о воздушной и наземной обстановке в своем секторе в вычислительную машину вышестоящего командного пункта.

14. Координирует и регулирует в истинном масштабе времени входные и выходные данные, относящиеся к данному сектору, с производимыми в центре ручными и автоматическими операциями.

Выходная информация, выработанная машиной и переданная в линию автоматически или вручную (голосом), поступает к многочисленным потребителям. В виде распоряжений выходная информация поступает на базы истребителей-перехватчиков, батареи ЗУРС (типа «Найк-Геркулес»), пункты дислокации беспилотных перехватчиков (типа «Бомарк») и в другие подразделения; в виде команд наведения по линиям «земля—воздух» — истребителям и беспилотным перехватчикам; в виде запроса — на радиолокационные высотомеры; в виде данных о воздушной обстановке — на индикаторы операторов своего сектора, на оперативные центры соседних секторов и на вышестоящие командные пункты. Некоторые выходные данные машины передаются в различные инстанции по телефону и телетайпу.

Машина AN/FSQ-7 является важнейшим звеном в системе оборудования оперативного центра, решающего задачи ПВО. Если вычислительная машина во время боя выйдет из строя, наблюдение за воздушной обстановкой и управление боевыми действиями нарушается, люди и машины в пределах всего сектора потеряют

жизненно необходимые связи и сектор, по мнению американских военных специалистов, окажется без противовоздушной обороны.

В действующей системе ПВО оперативный центр и его вычислительная машина должны работать круглосуточно и надежно. Требуемая степень надежности еще не достигнута современной вычислительной техникой. Поэтому для обеспечения непрерывной круглосуточной работы оперативного центра в системе «Сейдж» принято решение: оборудование, отказ в работе которого может сделать неработоспособной всю систему, дублировать всегда, когда это необходимо и возможно. В результате для обеспечения 100%-ной надежности в каждом оперативном центре устанавливаются две одинаковые вычислительные машины AN/FSQ-7 (дуплекс машин), из которых одна — действующая, или «активная» — работает по основной программе оперативного центра, а другая — резервная (она же и вспомогательная) — находится в режиме профилактического обслуживания и выполняет лишь ограниченное количество операций по обработке данных. Таким образом, если действующая вычислительная машина выходит из строя, ее функции по управлению сектором ПВО путем переключения могут быть переданы резервной машине, причем время «бездействия» оперативного сектора сведется ко времени переключения, в течение которого обе машины не работают одновременно.

Рассчитанная на работу в дуплексном режиме, каждая машина AN/FSQ-7 имеет свой центральный вычислитель, входные и выходные буферные запоминающие устройства, запоминающие устройства на магнитной ленте. Аппаратура индивидуального пользования (пульты управления с индикаторами), входные и выходные устройства и связанная с ними другая аппаратура не дублируются. Выход из строя любого из этих устройств может привести лишь к потере некоторой части информации и, следовательно, к незначительному ослаблению системы, но не вызовет перебоя в работе оперативного центра.

Два комплекта машины устанавливаются в помещении площадью 42×30 *м* и занимают полностью второй этаж оперативного центра. Обе машины располагаются на противоположных концах этажа, а недублирующиеся входные и выходные устройства, контрольные индикаторы и другие устройства устанавливаются между ними. Вся аппаратура вычислительного комплекса размещается в 70 шкафах, содержит 58 000 электронных ламп, 170 000 полупроводниковых диодов, 300 000 магнитных (ферритовых) сердечников, 600 000 сопротивлений и более 1500 *км* электропроводов. Потребляемая мощность комплекса составляет 1000 *квт*, вес 25 *т*.

Как показал опыт эксплуатации, электронная вычислительная машина AN/FSQ-7 имеет недостатки, которые отрицательно сказываются на решении ряда задач и на дальнейшем ее применении в современных условиях. К этим недостаткам относятся:

— очень большие габариты и вес в результате применения большого количества электронных ламп и громоздкой конструкции системы охлаждения;

— несовершенство системы обработки данных;

— недостаточный объем памяти;

— неоднородность запоминающих устройств;

— невозможность изменения последовательности операций в зависимости от загрузки машины;

— недостаточное быстродействие и сложность программирования задач.

Военным командованием были выданы заказы на разработку и изготовление более совершенных электронных вычислительных машин для различных систем ПВО.

В печати сообщалось, что в США проводились работы по переводу системы «Сейдж» на полупроводниковые приборы. Фирма IBM получила заказ на изготовление вычислительных машин типа AN/FSQ-7A. Предполагалось, что новая машина по габаритам будет на 75% меньше, чем прежняя. После этого должен последовать перевод на полупроводниковые приборы и других элементов системы. Одной из причин перевода системы «Сейдж» на полупроводниковые приборы, по-видимому, является необходимость облегчения теплового режима, поскольку существующая система на лампах требует мощных средств охлаждения, которые располагаются вне основных бомбозащищенных зданий и могут быть легко выведены из строя бомбардировкой.

В печати также сообщалось, что якобы официальное название AN/FSQ-7A было присвоено вычислительной машине ТХ-2, которая была смонтирована и построена в лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института. Сборка опытного образца этой машины была закончена еще в 1957 г.

В машине ТХ-2 применены новый тип запоминающего устройства и новые элементы схем, а также некоторые оригинальные принципы логического построения. Машина построена в основном на полупроводниковых элементах, в ней насчитывается 2200 полупроводниковых триодов и диодов и 600 ламп. Машина производит обработку данных и решает задачи в истинном масштабе времени.

ТХ-2 представляет собой вычислительную машину параллельного действия, работающую в двоичной системе счисления и имеющую длину слова в 36 разрядов. Внутренний накопитель с произвольным обращением в первых образцах машины состоит из 69 632 регистров запоминающего устройства на магнитных сердечниках (с проверкой на четность) и 24 дополнительных тумблерных и триггерных регистров. Быстродействие машины составляет 150 000 индексированных одноадресных команд в секунду.

Вследствие применения некоторых оригинальных схем в машине в процессе выполнения последовательности программ уменьшается количество излишней информации. Кроме того, построение

системы облегчает одновременно проведение нескольких операций, увеличивая тем самым рабочую скорость вычислительной машины. Вычислительная машина связана с внешними устройствами посредством блоков входа — выхода, определенное число которых может работать одновременно. При передаче входной и выходной информации сигналы, поступающие в программное устройство из блоков входа — выхода, автоматически вводят в действие соответствующую последовательность команд.

Запоминающее устройство машины на магнитных сердечниках (с произвольным обращением) имеет емкость в 262 144 слова. Однородный характер такой большой запоминающей системы упрощает задачи по программированию и дает возможность непрерывно и с большой скоростью выполнять различные операции независимо от расположения информации во внутреннем запоминающем устройстве. Запоминающее устройство машины разделено на четыре секции, действующие независимо одна от другой, каждая из которых способна содержать 65 536 36-разрядных слов. Рабочая скорость машины определяется временем цикла секции запоминающих устройств. Так, время цикла одного из накопителей на 65 536 слов ориентировочно составляет 6—7 *мксек*, а у другого накопителя на 4096 слов — 5—6 *мксек*.

Арифметическое устройство машины обеспечивает выполнение сложения, умножения, деления, сдвига и различных логических операций. Синхронизация операций большинства команд машины ТХ-2 выполняется также арифметическим устройством. Управление арифметическим устройством не связано с остальными частями машины, что значительно экономит время, так как во время выполнения одной из более длинных операций (сдвиг или деление) машина продолжает выполнять команды, не относящиеся к арифметическому устройству.

Машина ТХ-2 может также использоваться для проведения различных научно-исследовательских вычислений.

§ 2. Устройство и работа вычислительной машины AN/FSQ-7

Общая блок-схема машины AN/FSQ-7 показана на рис. 4.3. Она состоит из следующих основных частей: центрального (универсального) вычислителя, буферного запоминающего устройства на магнитных барабанах для блока программ (в которых заложены основные принципы ПВО и управления машиной), буферного запоминающего устройства на магнитных барабанах для входных и выходных данных машины, буферного запоминающего устройства на магнитных барабанах для сопряжения с индикаторными устройствами, буферного запоминающего устройства на магнитных сердечниках для сопряжения с клавиатурными устройствами пультов управления, датчика истинного времени

(часы, работающие в истинном масштабе времени) и четырех устройств записи на магнитную ленту, которые используются для воспроизведения входных данных в тренировочных режимах и анализа записанных выходных данных.

Центральный вычислитель представляет собой универсальную цифровую одноадресную машину параллельного действия с двоичной системой кодирования данных, оперирующую с 32-разрядными словами. Он состоит из оперативного запоминающего устройства, арифметического устройства, устройства управления

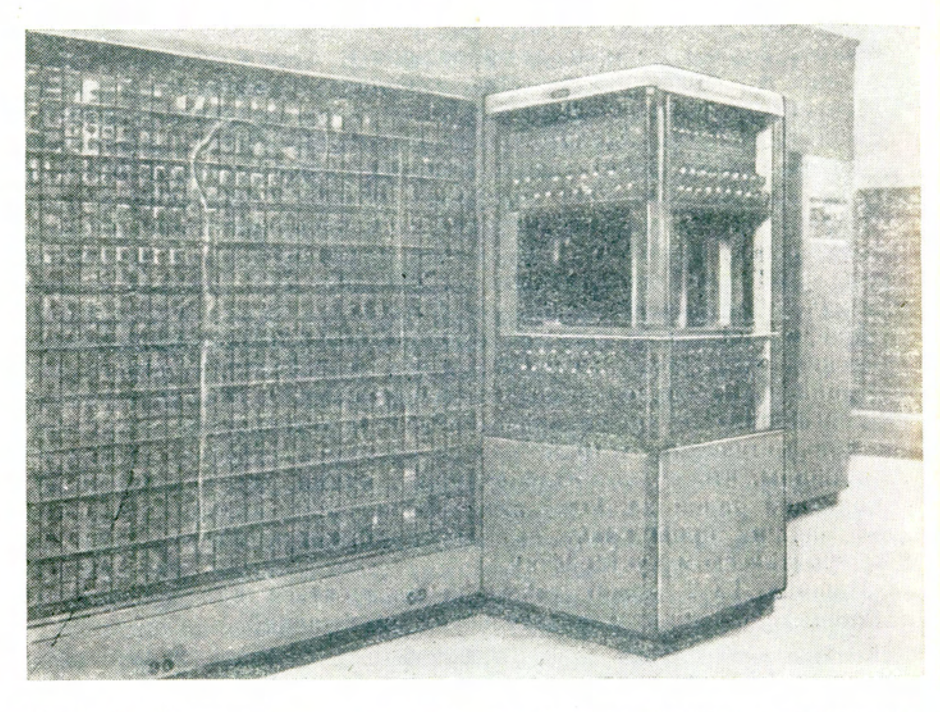


Рис. 4.4. Оперативное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках вычислительной машины AN/FSQ-7

с четырьмя регистрами модификации (видоизменения) адресов. Оперативным запоминающим устройством служат два больших матричных куба (рис. 4.4 и 4.5) на магнитных (ферритовых) сердечниках, каждый из которых может хранить 4096 слов. Общая емкость оперативной памяти 8192 32-разрядных слова. Время цикла обращения к памяти (скорость выборки данных) составляет 6 *мксек*. Эффективное быстродействие вычислителя 75 000 команд в секунду, при этом каждая команда содержит одно 32-разрядное слово. Оперативное устройство состоит из 65 000 регистров на ферритовых сердечниках.

Важной особенностью центрального вычислителя является его способность оперировать числовыми величинами, как двумерными векторами. Каждая составляющая вектора может иметь 16 разрядов. Это свойство важно для обработки координатных данных. В этом случае обе составляющие вектора обрабатываются одновременно, что практически удваивает быстродействие машины при обработке подобных данных.

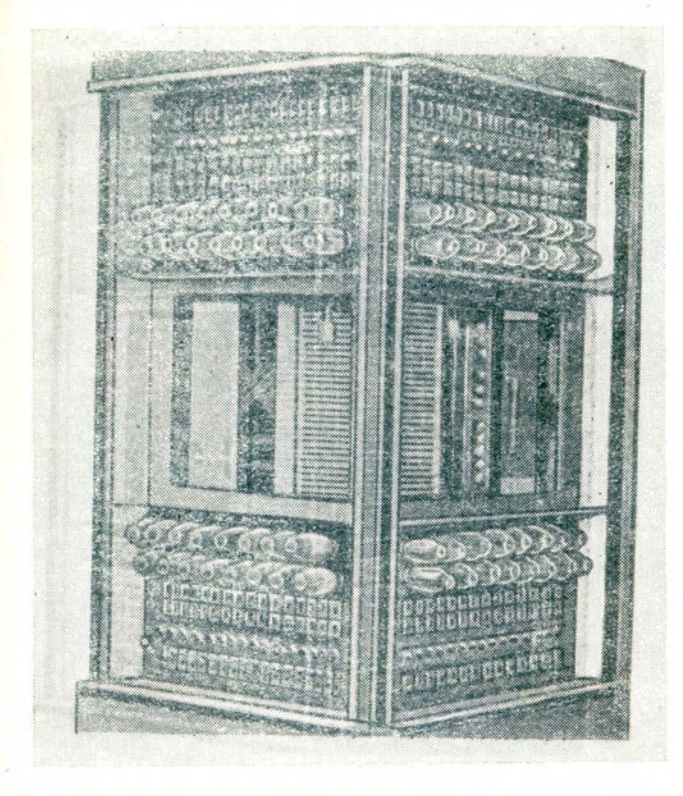


Рис. 4.5. Матричный куб оперативного запоминающего устройства вычислительной машины AN/FSQ-7

Вторая особенность центрального вычислителя заключается в применении в нем непрерывного цикла вычислений, при котором вычисления продолжаются и во время ввода и вывода данных; они прерываются только в течение одного цикла выборки информации из оперативного запоминающего устройства в оконечные устройства. Это свойство очень ценно, поскольку для отыскания нужных входных и выходных данных, ожидания и передачи этих данных затрачивается более 50% рабочего времени. Благодаря этой особенности центральный вычислитель максимально исполь-

зуется для обработки всей многочисленной информации и выработки решений по управлению обороной.

Буферная память машины. Центральный вычислитель сопрягается с входными и выходными цепями всего оборудования сектора и всех устройств оперативного центра посредством буферных запоминающих устройств. Буферные запоминающие устройства, предназначенные для хранения всех входных и выходных данных, а также программ управления машиной, состоят из 12 магнитных

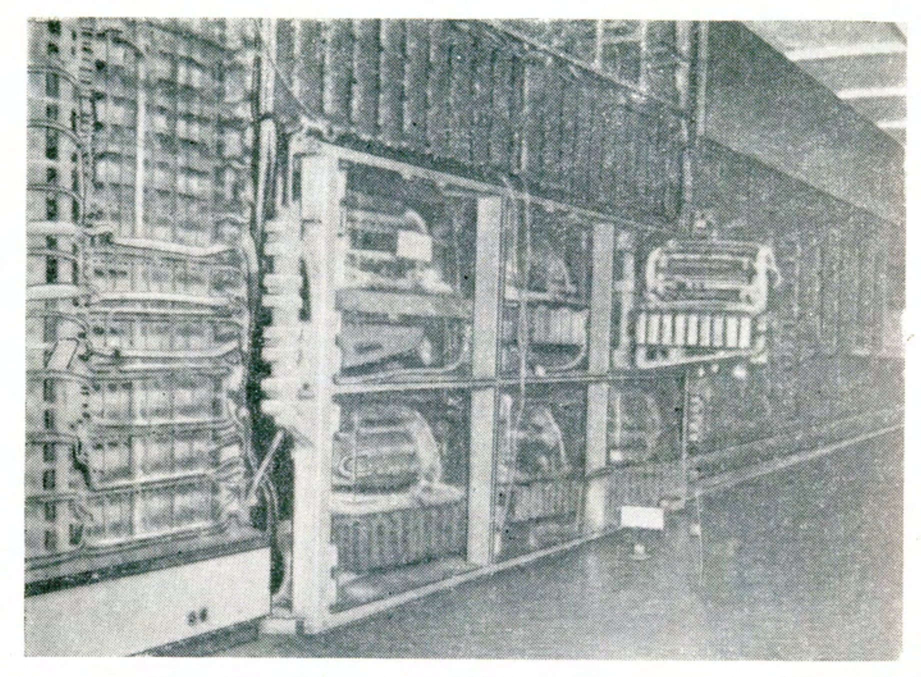


Рис. 4.6. Магнитный барабан буферной памяти вычислительной машины AN/FSQ-7

барабанов емкостью 12 288 32-разрядных слов каждый (рис. 4.6). Следовательно, общая емкость памяти магнитных барабанов составляет около 150 000 (точнее 147 456) 32-разрядных слов. Магнитный барабан имеет размеры: диаметр 254 *мм*, длину — 302 *мм*. Скорость вращения барабанов 3000 *об/мин*.

Для сопряжения с входными цепями клавиатурных устройств пультов управления используется быстродействующая буферная память на ферритовых сердечниках, рассчитанная на хранение 128 32-разрядных слов, т. е. информации в 4096 двоичных единиц.

Буферная память машины позволяет хранить одновременно свыше 1 000 000 двоичных единиц информации, характеризующей воздушную обстановку и состояние боевых средств в своем секторе. Этот объем информации охватывает тысячи различных сообщений от разных источников. Кроме этого, буферная память машины хранит задаваемую с помощью перфокарт программу машины, содержащую 75 000 (по другим данным — 100 000) команд, при помощи которых автоматически ведется управление всеми операциями: обработкой входных данных, сопровождением самолетов, выработкой выходных данных для отображения на индикаторах, наведением активных средств и т. д.

Магнитные барабаны являются промежуточной памятью машины и как бы резервуаром для входной и выходной информации. При поступлении данных на входные устройства машины они автоматически переписываются на входной магнитный барабан. Барабан накапливает данные до того момента, пока машина не будет готова их использовать. В соответствующие моменты рабочего цикла вычислительная машина передает входные данные с барабана в оперативное запоминающее устройство.

По командам центрального вычислителя между буферной памятью на барабанах и оперативным запоминающим устройством на сердечниках может производиться взаимная передача информации в виде групп данных (блоков) различной длины (разрядности).

Выработанная машиной выходная информация из оперативного запоминающего устройства переписывается на выходной барабан. Пока машина занята другими операциями барабан постепенно выдает данные через выходные устройства в линии связи. К тому моменту, когда у машины появится новая информация для записи, выходной барабан уже бывает свободен. В течение одной секунды центральный вычислитель через выходной барабан выдает из оперативного запоминающего устройства в оконечные устройства в среднем от 20 до 50 групп данных (массивов информации), каждая из которых содержит от 50 до 5000 слов.

Оперативные возможности буферных устройств в полной мере используются в аппаратуре отображения, где темп обновления информации на индикаторах составляет 2,5 *сек*. Центральный вычислитель, взаимодействуя с кодовой таблицей (матрицей) на буферном барабане отображения, может в любое время изменить любую часть отображаемой информации, переписывая только отдельные слова на барабане.

Для буферных устройств и для центрального вычислителя применяются отдельные считывающе-записывающие головки, вследствие чего входные и выходные буферные устройства оперируют с входными и выходными данными (принимают или передают их) независимо от центрального вычислителя машины и освобождают таким образом машину для решения более сложных задач ПВО.

Входные устройства и ввод входной информации. Задача входного устройства (рис. 4.7) — прием декодированной преобразующим устройством информации от различных источников и пере-

пись ее через буферное запоминающее устройство в оперативную память машины. Рассмотрим процесс передачи информации только для одного основного метода поступления входной информации в оперативный центр по телефонным линиям связи со звуковой шириной полосы пропускания.

Последовательные сообщения, передаваемые с темпом 1300 *имп/сек*, декодируются и накапливаются в сдвигающем регистре входного устройства соответствующей емкости. Когда будет получено сообщение полностью (принято все предложение),

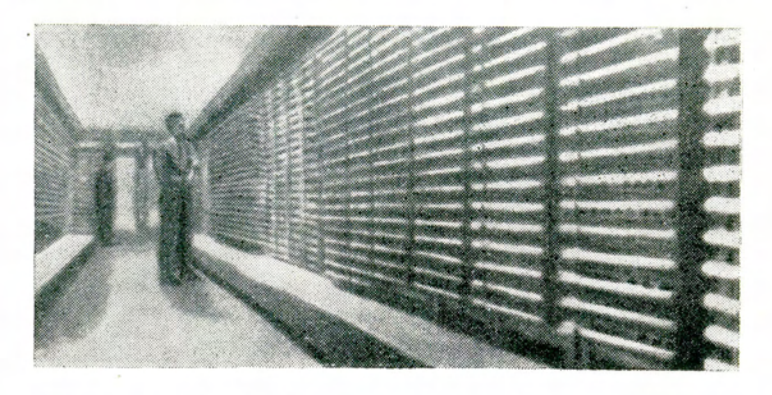


Рис. 4.7. Входные устройства вычислительной машины AN/FSQ-7

оно сдвигается с повышенной скоростью во второй сдвигающий регистр, емкость которого равна нескольким 32-разрядным словам. Таким образом, первый регистр освобождается для приема другого сообщения.

Переписывание принятого сообщения с регистра на входной буферный барабан происходит в течение 10 *мксек*. Вместе с сообщением на барабан записывается код текущего времени, поскольку центральный вычислитель в течение нескольких секунд может не использовать принятое сообщение, а время приема данных в оперативном центре часто является решающим критерием для использования информации. Центральный вычислитель может произвести выборку необходимых данных из записанной в произвольном порядке информации путем затребования групповой передачи данных только с заполненных дорожек буферного барабана.

Обработка информации и решение задач машиной. Вся входная информация, поступившая на входное буферное запоминающее устройство в виде табличных данных или в другом виде, а также программа вычислений группируется в сотни блоков (групп), каждый из которых состоит из большого числа машинных слов (от 25 до 4000). В оперативной памяти центрального вычислителя хранится сокращенная программа управления последовательностью операций. Эта программа для производства вычислений вызывает из буферного запоминающего устройства в оперативную память необходимую подпрограмму или группу данных, производит соответствующие операции и затем выдает результаты вычислений в виде табличных данных обратно на магнитный барабан.

Входная информация от каждого источника обрабатывается машиной с учетом важности той или иной информации для функционирования всей системы ПВО.

Поскольку в вычислителе применяется непрерывный цикл вычислений, операции по решению каждой задачи ПВО строго координируются с программой управления последовательностью операций с тем, чтобы поступление команд программы и данных производилось и в процессе обработки данных. Однако быстродействие машины при выполнении операций в значительной степени зависит от решаемой задачи. Работное время машины, представляющее собой отрезок времени между поступлением входных данных и выработкой выходных данных, будет различным для различных операций. Наименьшее работное время требуется для выполнения функций автоматического управления (например, для наведения боевых средств) и для связи между оператором и машиной (например, для отображения затребованной информации). Для многих из этих операций требуется всего несколько секунд от момента поступления команды до получения ответа. В других случаях для того чтобы поступление новой информации отразилось на выходных данных, требуется время, исчисляемое несколькими минутами. При этом путем соответствующего распределения времени центральный вычислитель каждую задачу ПВО решает не реже одного раза в минуту, а многие из этих задач решаются каждые несколько секунд.

Сущность обобщенной информации о состоянии ПВО можно лучше всего представить в виде различных таблиц данных, используемых и выработанных в соответствии с основной программой оперативного центра. Всю информацию, представляемую в виде таблиц, можно разбить на четыре основные категории: входная информация, выходная информация, информация, подлежащая отображению на индикаторах, и основная информация.

Таблицы входной информации содержат данные, ожидающие обработки по программе машины. Эти данные поступают от внешних источников информации и от операторов данного оперативного центра.

Таблицы выходных данных и таблицы данных для отображения содержат информацию, ожидающую освобождения соответствующих линий связи для передачи ее потребителям вне оперативного центра (например, авиационным базам) или для передачи на индикаторы пультов управления.

Информация четвертого вида — основная информация — является наиболее существенной частью всей программы управ-

ления ПВО. В самом широком смысле эта информация представляет собой математическую модель воздушной обстановки, на которой основывается деятельность оперативного центра.

Входная радиолокационная информация о воздушной обстановке в секторе обновляется каждые 15 *сек*, что соответствует периоду вращения антенны радиолокационной станции. В течение этого периода в вычислительную машину новых радиолокационных данных не поступает. За это время машина производит следующие операции: уточняет координаты всех сопровождаемых целей; опознает новые установленные курсы самолетов; принимает и декодирует информацию, поступающую от батарей ЗУРС, соседних центров, метеорологических станций и высотомеров; уточняет степень готовности активных средств ПВО; уточняет данные о ветре; выбирает боевые средства для поражения целей и передает распоряжения о их запуске; производит расчеты, необходимые для наведения; подготовляет и передает данные о воздушных целях и назначенных средствах для их перехвата соседним и вышестоящим оперативным центрам; выдает данные о воздушной обстановке и состоянии боевых средств в резервную вычислительную машину; подготовляет данные о воздушной обстановке для передачи и воспроизведения ее на более чем 100 индикаторах своего оперативного центра.

Информация, пришедшая за два последующих обзора, снова сравнивается с имеющимися в запоминающем устройстве машины данными. Это уже дает возможность определить, например, принадлежит ли новая отметка цели к траекториям уже сопровождаемых целей или это новая цель. Если отметка оказалась новой целью, ей присваивается номер и она переводится на сопровождение.

Важным достоинством машины считается не только то, что она может вырабатывать обобщенную картину воздушной и наземной обстановки в секторе, но и ее способность распределять информацию и представлять каждому оператору необходимую ему частную картину обстановки.

Характерной особенностью машины является также то, что частота решения задач и выполнения других операций по программе строго связана с истинным масштабом времени. В данном случае это дает определенные преимущества по сравнению с тем режимом, когда частота производства операций меняется в зависимости от загрузки машины.

Выходные устройства и выдача выходной информации. Прохождение в машине выходных данных по сравнению с порядком обработки входной информации происходит в обратной последовательности. В течение нескольких миллисекунд центральный вычислитель может выдавать на выходной буферный барабан ряд сообщений, для передачи которых необходимо будет держать несколько телефонных линий в занятом состоянии в течение 10 *сек*. Однако машина может учитывать важность тех или иных выходных данных благодаря тому, что она координирует и регулирует входные и выходные данные в истинном масштабе времени, и поэтому вырабатывает выходные данные с такой частотой и задержкой во времени, которые обеспечивают необходимый темп

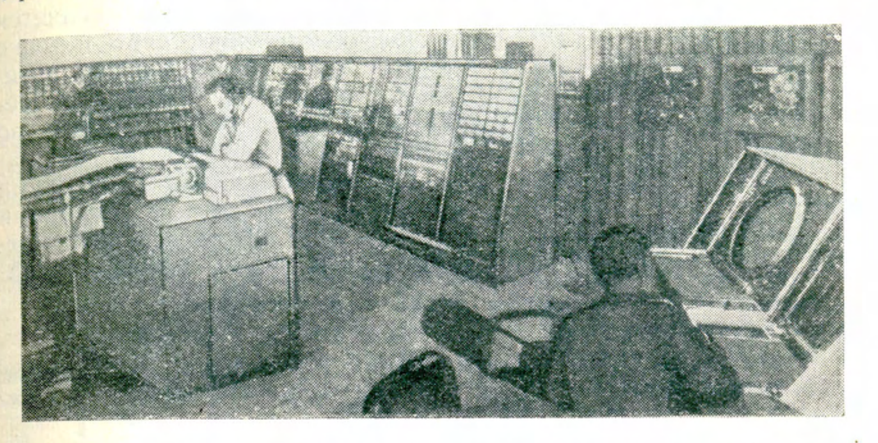


Рис. 4.8. Контрольная аппаратура для обслуживания вычислительной машины AN/FSQ-7

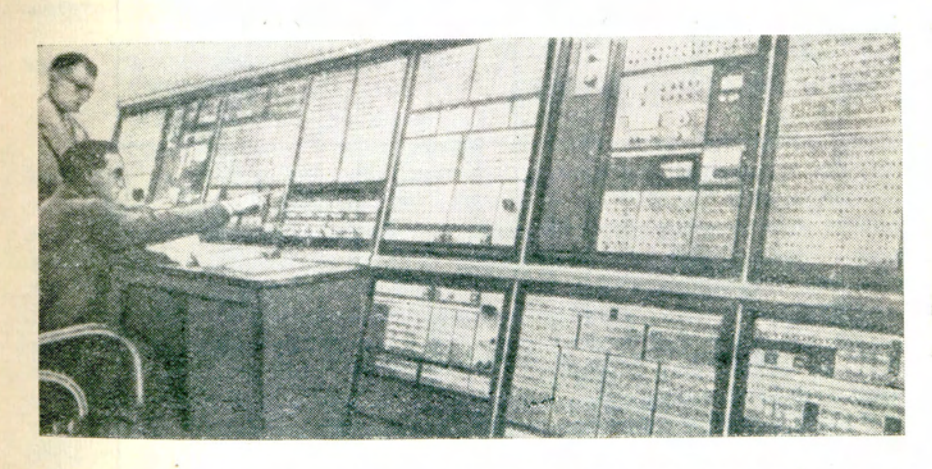


Рис. 4.9. Пульт управления и контроля работы вычислительной машины AN/FSQ-7

передачи команд наведения и других данных и позволяют оптимально использовать телефонные линии и телетайпы с их ограниченными пропускными способностями.

Аппаратура поста обслуживания вычислительного комплекса показана на рис. 4.8, 4.9.

§ 3. Взаимосвязь и взаимодействие двух машин вычислительного комплекса

Взаимные связи между машинами комплекса. Характерной особенностью сдвоенного комплекта машин (дуплекса) является наличие специальных устройств, осуществляющих переключение с одной машины на другую входных и выходных данных, передаваемых по внешним линиям связи (выходящим за пределы оперативного центра), входных данных от операторских пультов по управлению отображением и данных, поступающих на аппаратуру отображения, а также обеспечивающих связь между двумя вычислительными машинами. Взаимная связь между машинами (рис. 4.10) осуществляется с помощью двух промежуточных магнитных барабанов буферной взаимосвязи, позволяющих передавать с одной машины на другую большое количество данных. Каждая вычислительная машина может на свой барабан взаимосвязи записывать данные и считывать их, а с барабана взаимосвязи другой машины дуплекса только считывать данные.

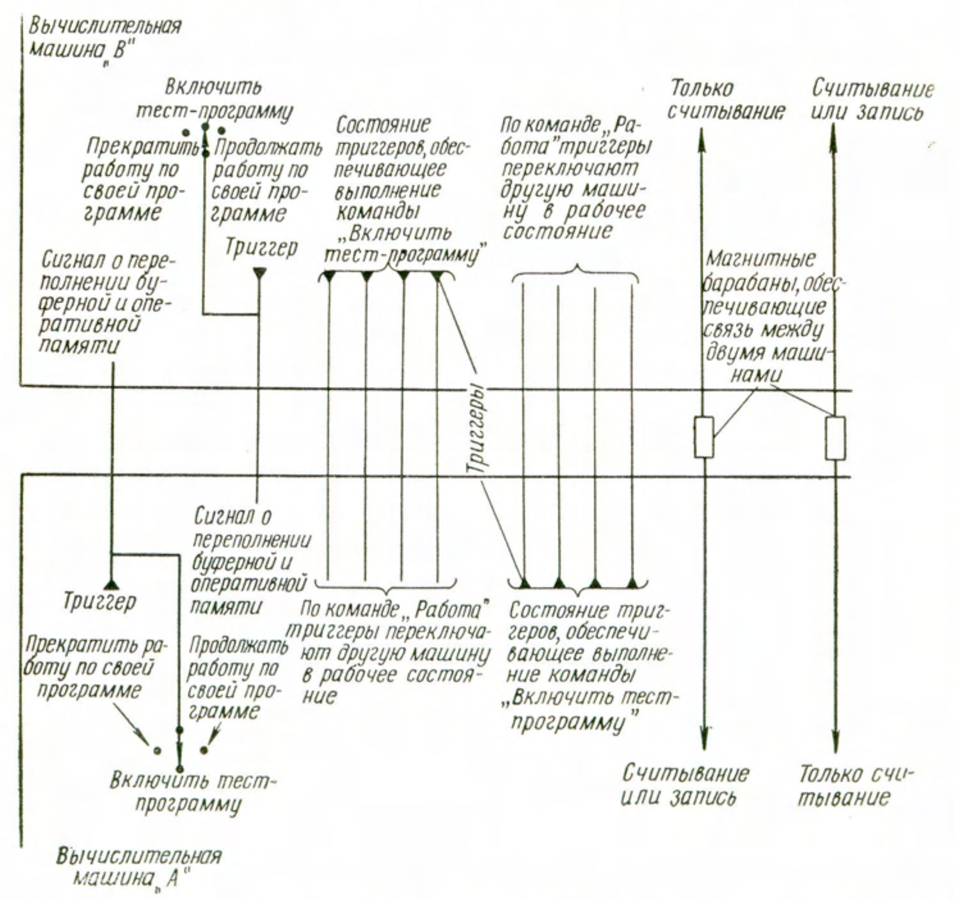


Рис. 4.10. Схема взаимных связей между двумя машинами вычислительного комплекса AN/FSQ-7

Кроме связи через барабаны, между машинами осуществляется связь через линии взаимосвязи. Линии взаимосвязи обычно оканчиваются триггерами, состояние которых (0 или 1) устанавливается одной машиной и воспринимается другой. Таким образом, линии взаимосвязи позволяют в соответствии с программой, функционирующей в одной машине, определять, что происходит в другой машине. Эти линии служат прежде всего для синхронизации программ, действующих в каждой вычислительной машине.

Аналогично линиям взаимосвязи построены и цепи сигнализации о неисправностях машин (они также оканчиваются триггерами). Благодаря этим цепям сигналы о переполнении оперативной или буферной памяти в одной машине могут быть обнаружены программой, действующей в другой вычислительной машине. После поступления сигнала неисправности от действующей машины режим резервной машины определяется положением соответствующего переключателя на пульте оператора. Три положения переключателя соответствуют трем режимам резервной машины:

— сигнал неисправности не принимается во внимание и машина продолжает работу по своей программе;

— машина переходит на работу по тест-программе для проверки запоминающих устройств;

— машина прекращает работу по своей программе и переходит к выполнению основной программы.

Главная задача, выполняемая действующей вычислительной машиной,— работа по основной программе оперативного центра, а главная задача резервной машины — работа по вспомогательной программе, называемой программой технического обслуживания. В этом режиме резервная машина может находиться в различных состояниях: может быть выключена для ремонта (не предусмотренное графиком время обслуживания), может подвергаться профилактическому обслуживанию согласно утвержденному графику (предписанная проверка) или может оказывать помощь в обслуживании другого оборудования сектора.

Это так называемые симплексные функции действующей и резервной вычислительных машин. Кроме них, каждая машина выполняет функции, характерные для дуплексной системы, которые обеспечивают минимальный перерыв в работе оперативного центра и сам процесс переключения.

Дуплексные функции действующей вычислительной машины. Для обеспечения непрерывности работы сектора ПВО после переключения машин необходимо, чтобы еще до переключения в резервной машине имелась необходимая информация, характеризующая текущую воздушную обстановку. Часть этих данных, вы-

работанных действующей машиной и хранящихся на дорожках ее магнитного барабана, представляет собой множество решений и результатов ручных операций, выполняемых персоналом, обслуживающим оперативный центр. При потере этих данных во время переключения возникает необходимость повторения всех предыдущих действий по принятию решений и их реализации, что приведет к снижению эффективности ПВО вследствие потери времени. Снижение эффективности будет тем больше, чем сложнее воздушная обстановка во время переключения.

Указанное снижение эффективности сводится к минимуму путем записи некоторых наиболее важных данных на дорожках барабанов как действующей, так и резервной вычислительной машины. Таким образом, обобщенная информация, характеризующая текущую воздушную обстановку, доступна для использования в машине немедленно после включения ее в режим действующей машины.

Обобщенная информация о воздушной обстановке периодически (несколько раз в минуту) группируется в соответствии с программой действующей вычислительной машины и передается в буферное запоминающее устройство резервной машины через систему взаимосвязанных промежуточных барабанов. Количество передаваемых данных ограничивается операционным временем программы, свойственным действующей машине, и емкостью барабана резервной машины. Операционное (работное) время является критическим фактором, так как программа оперативного центра составляет часть системы управления, которая работает в реальном масштабе времени, и любое увеличение работного времени понижает эффективность системы. Свободная емкость буферного барабана резервной машины ограничивается объемом программ для этой машины, записываемых на этот же барабан.

Входная и выходная информация, а также информация, подлежащая отображению, не передается в резервную машину для накапливания в качестве обобщенных данных ПВО. В результате этого произойдет потеря управления сектором на время переключения. Если это время невелико, уменьшение эффективности незначительно, поскольку входные данные вводятся сразу же после переключения, а таблицы данных для отображения выходных данных восстанавливаются в соответствии с программой машины.

Наиболее важная часть основной информации (о воздушной обстановке) передается в качестве обобщенных данных из работающей машины в резервную.

Другой дуплексной функцией действующей вычислительной машины является контроль за линиями взаимосвязи для определения момента предписанного переключения. Переключение производится тоже по программе в течение очень малого времени. Сам процесс переключения будет рассмотрен отдельно.

Дуплексные функции резервной вычислительной машины. Резервная вычислительная машина должна осуществлять программу технического обслуживания и в то же время должна быть готовой для работы по основной программе оперативного центра. В связи с этим резервная вычислительная машина должна выполнять следующие (дуплексные) функции:

— контроль за возможными сигналами о неисправности работающей машины;

— хранение основной программы оперативного центра в накопителе (на своем магнитном барабане);

— прием и хранение обобщенной информации о состоянии ПВО, накапливаемой работающей вычислительной машиной;

— выполнение команд, вводимых оператором с помощью переключателя, для контроля за операциями резервной машины;

— выработку цифровых данных для отображения состояния резервной вычислительной машины.

Только первая из этих функций (контроль за сигналами о неисправности) осуществляется схемным путем, остальные выполняются программным путем.

Сигнал о переполнении оперативной памяти, буферной памяти или арифметического устройства в действующей вычислительной машине вызывает автоматическое включение подпрограммы контроля памяти (тест-программы) в резервной вычислительной машине. В соответствии с последовательностью команд тест-программы начинается подготовка резервной машины к переключению на основной режим работы. Подготовка к переключению включает стирание всех вспомогательных программ и данных из накопителя на сердечниках и на барабане, запись вместо них на магнитном барабане резервной машины основной программы (если это необходимо) и, наконец, окончательную (полную) передачу обобщенной информации из действующей машины в резервную. По окончании приготовлений к переключению резервная машина просто ожидает, когда произойдет переключение или когда в результате вмешательства оператора восстановится нормальное резервное состояние этой машины.

Запись основной программы оперативного центра на магнитном барабане резервной машины позволяет быстро восстановить управляющие функции оперативного центра после переключения. Правильность хранения основной программы на магнитном барабане проверяется считыванием с дорожек магнитного барабана кодов команд, вводом в оперативную память, вычислением суммы двоичных чисел, хранящихся на магнитном барабане, и сравнением полученного результата с истинной суммой (также хранящейся на магнитном барабане). Если вычисленная сумма неправильна, ошибочный код исправляется путем перезаписи его с магнитной ленты. Процесс проверки и перезаписи команд программы на дорожки барабана производится автоматически, когда контрольная программа (тест-программа) стирает коды команд

основной программы или когда начинается подготовка к переключению машин по сигналу неисправности из действующей машины. Эта проверка может также производиться переключениями на пульте вручную.

Дуплексные функции передачи обобщенных данных ПВО, контроль за переключениями оператора и выработка контрольных цифровых данных для отображения на индикаторе осуществляются периодически. Частота, с которой осуществляются эти функции, зависит от режима работы резервной вычислительной машины. Может быть выбран один из трех режимов. Каждый из них обеспечивает различную частоту выполнения периодических дуплескных функций с периодом от нескольких секунд до нескольких минут. Эта необходимость сочетания симплексных и дуплексных функций предъявляет жесткие требования к ручному и автоматическому управлению контрольными программами.

Управление последовательностью операций контрольных программ и выбор режима работы резервной машины осуществляются вручную. Рабочее время каждой подпрограммы указано в программе управления резервной машины, ручной или автоматический выбор длительных контрольных программ автоматически предотвращается, если выбранный режим работы резервной машины требует частого выполнения периодических дуплексных функций. Для ослабления ограничения рабочего времени в выборе контрольных программ последние составлены в виде набора отдельных подпрограмм для того, чтобы дать возможность длительным контрольным программам функционировать последовательно по частям — одна подпрограмма за данный отрезок времени.

Переключение машин дуплекса (рис. 4.11). Переключение требует передачи входных и выходных данных из действующей машины в резервную и запуска основной программы в резервной машине. Подготовка резервной машины к переключению осуществляется автоматически по сигналу неисправности действующей машины или вручную. После того как резервная машина закончит приготовления к переключению и сработает дуплексный переключатель, управление резервной машиной передается от программы управления резервной машины к пусковой или стартовой программе. Пусковая программа выполняет функцию включения в рабочий режим основной программы в резервной машине и таким образом завершает перевод этой машины из режима выполнения вспомогательных операций в действующий режим.

Может быть два режима переключения: в случае аварии и заранее предусмотренное переключение. Аварийный режим переключения осуществляется после того, как действующая вычислительная машина перестанет работать. Режим заранее предусмотренного переключения используется тогда, когда обе машины находятся в рабочем состоянии. Основное различие между этими двумя режимами заключается в различном количестве данных,

которые могут быть использованы в резервной машине. Обычно на дорожках барабана резервной машины накапливаются только основные данные, характеризующие состояние ПВО. Как указывалось ранее, эти данные передаются резервной машине периодически, и количество данных, которые могут быть переданы,

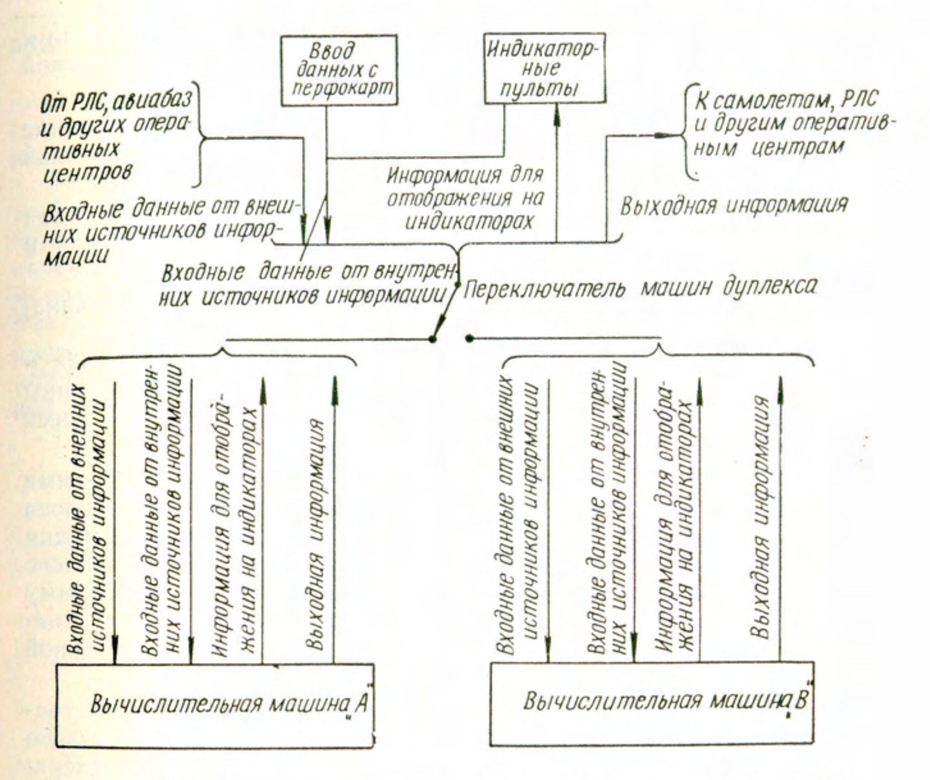


Рис. 4.11. Средства переключения машин вычислительного комплекса AN/SFQ-7

ограничено малым рабочим временем и небольшой емкостью накопления, отведенными для вспомогательных программ. Короче говоря, рабочее время программы не пригодно для передачи большого количества данных за каждый цикл основной программы. Однако если переключение планируется заблаговременно, то оно производится тогда, когда обе вычислительные машины работают и передача более полных данных может быть осуществлена как «одноразовый» процесс во время переключения. При этом действующая машина прекращает работу по основной программе непосредственно перед моментом переключения и передает основную информацию и информацию отображения, записанные на магнитном барабане действующей машины, на магнитный бара-

бан резервной машины. Соответствующее согласование последовательной передачи информации между вычислительными машинами осуществляется по линиям взаимосвязи.

Ниже приводятся условия, определяющие состояние резервной вычислительной машины в момент передачи управления переключением машин пусковой программе:

— основная программа оперативного центра соответствующим образом хранится на дорожках магнитного барабана резервной вычислительной машины;

— обобщенные данные, характеризующие текущее состояние ПВО, накапливаются на одной из дорожек барабана резервной машины;

— все команды и информация, накопленные в соответствии с программой резервной машины, стираются из оперативной и буферной памяти;

— в случае аварийного переключения все ячейки, предназначенные для хранения программы, освобождаются;

— в случае заранее предусмотренного переключения информация о состоянии ПВО, передаваемая из действующей машины в резервную, накапливается на дорожках соответствующих ячеек барабана.

Для завершения процесса переключения пусковая программа должна обработать информацию о состоянии ПВО, хранящуюся в резервной вычислительной машине, с тем чтобы эта информация могла быть использована основной программой оперативного центра. Для этого пусковая программа передает подпрограмму управления основной программы оперативного центра в оперативную память резервной машины, а управление вычислительной машиной — основной программе.

Пусковая программа также осуществляет сортировку и экстраполяцию данных. В случае аварийного переключения только основная обобщенная информация может передаваться в резервную машину. Эти данные собираются из нескольких центральных ячеек ЗУ, занимающих различные дорожки барабана в действующей вычислительной машине, и группируются вместе на одной дорожке барабана резервной вычислительной машины. Пусковая программа сортирует эти данные и распределяет их на соответствующих дорожках определенных ячеек барабана резервной машины. В случае заранее предусмотренного переключения данные о состоянии ПВО накапливаются заблаговременно на соответствующих дорожках барабана резервной машины и процесс сортировки оказывается ненужным. Процесс экстраполяции, выполняемый пусковой программой, необходим для того, чтобы компенсировать время задержки в выполнении основной программы за время переключения. Этот процесс в основном сводится к экстраполяции координат целей в соответствии с последними значениями векторов скорости.

Проблема дуплексной работы заключается в том, чтобы определить, как лучше всего использовать две вычислительные машины в целях повышения надежности оперативного центра. Кроме того, важно сделать более эффективным использование вспомогательной вычислительной машины, не снижая основного требования к резервной машине — быстроты перехода к выполнению основных функций действующей машины.

Считается, что машина AN/FSQ-7 менее чувствительна к возникающим при переключении ошибкам переходного режима по сравнению со многими другими случаями применения цифровых вычислительных машин.

По мере накапливания данных, уточняющих эксплуатационные требования к машине, и улучшения техники обслуживания можно будет использовать резервную вычислительную машину для ограниченного количества операций по обработке данных или для моделирования условий боя во время тренировочных занятий. Разумеется, такое применение должно быть согласовано с основными требованиями, которые вытекают из главного назначения резервной машины и условий ее быстрого переключения на основной режим работы.

Глава 5

ПУЛЬТЫ БОЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ И АППАРАТУРА ОТОБРАЖЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ И НАЗЕМНОЙ ОБСТАНОВКИ

§ 1. Применяемая аппаратура отображения, ее задачи и возможности

В системе управления средствами ПВО «Сейдж», поскольку она является полуавтоматической системой, многие задачи ее решаются не автоматически машиной, а с участием человека-оператора. Боевой расчет оперативного центра сектора состоит более чем из 100 человек. Большинство из них для выполнения своих задач пользуется различной аппаратурой отображения воздушной и наземной обстановки в секторе.

Поскольку современная противовоздушная оборона имеет дело с большим количеством воздушных объектов, летящих с большими скоростями, воздушная обстановка может меняться очень быстро, поэтому и отображение воздушной обстановки должно быть оперативным, наглядным, с достаточно полной ее характеристикой. Применявшиеся ранее радиолокационные индикаторы кругового обзора и планшеты воздушной обстановки оказались практически непригодными в условиях быстроменяющейся обстановки и наличия большого объема информации, с которым может справиться только вычислительная машина.

Применение электронных цифровых вычислительных машин, производящих анализ и обобщение воздушной обстановки от многочисленных источников информации с большой скоростью, потребовало применения и автоматических средств отображения, быстродействие которых было бы сравнимо со скоростью работы вычислительной машины. Таким требованиям отвечают индикаторы воздушной обстановки (рис. 5.1) и другого назначения, использующие электроннолучевые трубки со знаковой индикацией — характроны и тайпотроны. Разработка трубок знаковой индикации имела большое значение для создания современной автоматизированной системы ПВО.

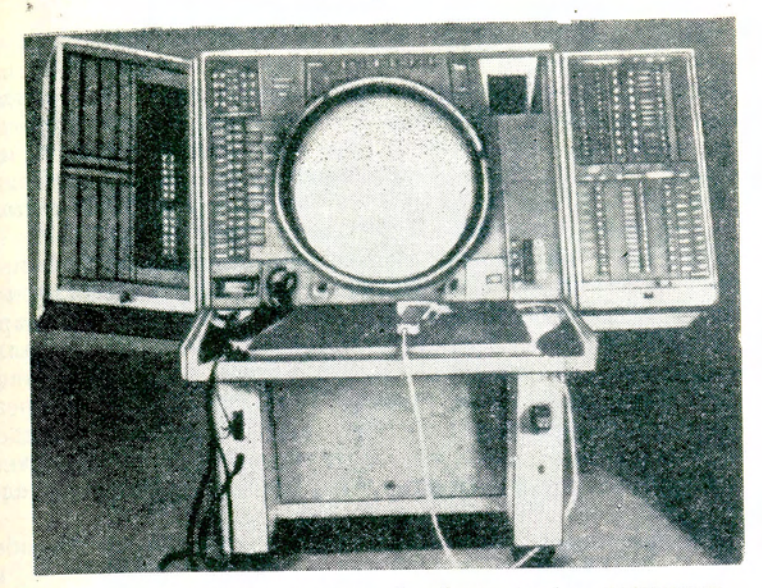


Рис. 5.1. Индикатор воздушной обстановки на характроне, использующийся в системе «Сейдж»

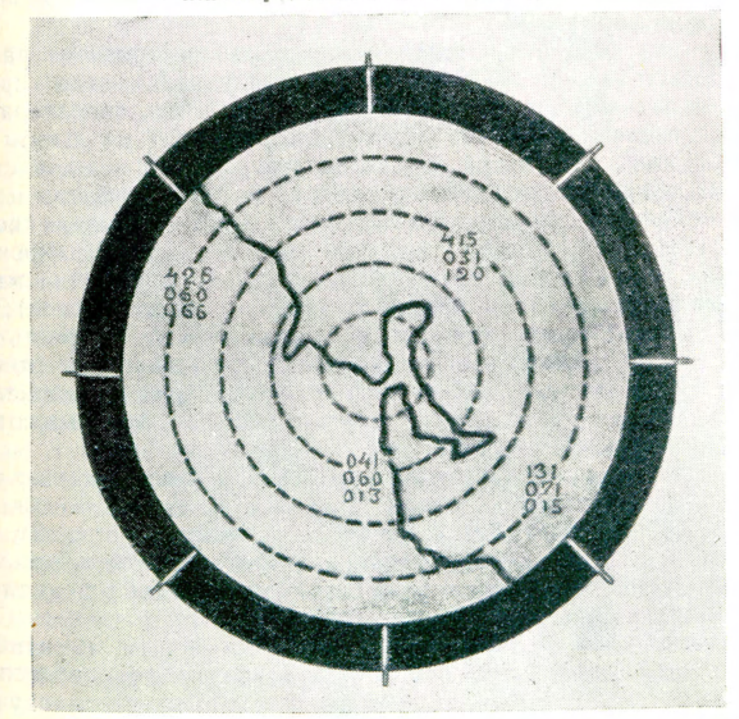


Рис. 5.2. Отображение на экране характрона целей с формулярами

Основное достоинство аппаратуры отображения, использующей электроннолучевые трубки со знаковой индикацией, в том, что в ней на поверхности экрана индикатора могут отображаться цели с их координатами таким же методом, как и в обычных радиолокационных индикаторах, а, кроме того, рядом с отметкой цели может быть отображена различная дополнительная информация об этих целях в виде букв, цифр и других условных знаков (рис. 5.2).

Высвечивание на экране индикатора дополнительной информации в виде различных знаков стало возможным благодаря применению в электроннолучевой трубке (характроне, тайпотроне) на пути прохождения электронного луча специальной металлической пластинки (матрицы) с отверстиями в виде букв, цифр и других специальных знаков. Электронный луч, проходя через отверстия матрицы, принимает форму этого отверстия, вследствие чего на экране высвечивается определенный знак. Отклонением луча для выбора определенного знака управляет вычислительная машина.

Дополнительная информация, представляющая собой обычно такие характеристики цели, как принадлежность, тип цели, курс, скорость, высота и т. п., вырабатывается вычислительной машиной и отображается на экране индикатора в виде группы знаков, называемой **формуляром цели.**

Формуляр цели в принципе может быть построен из разного количества знаков и включать в себя различный состав характеристик в зависимости от обязанностей или нужд оператора. Типовой формуляр целей (чужих и своих) состоит из девяти знаков, расположенных в три строки по три знака в каждой строке (рис. 5.3). Первые два знака первой строки (одна буква и одна цифра) обозначают условный номер цели; третий знак первой строки (буква) характеризует тип самолета (бомбардировщик, разведчик, истребитель, гражданский и т. д.) и принадлежность (большая буква — чужой или неопознанный, малая — свой); первые два знака второй строки (цифры) показывают скорость цели (в сотнях миль в час); первые два знака третьей строки (цифры) указывают число самолетов в групповой цели (в единицах); третьи знаки второй и третьей строки (цифры) показывают высоту цели (в тысячах футов).

Формуляр цели может привязываться к местоположению определенной цели либо путем приставки его к отметке цели, обозначаемой на экране особым значком (например, стрелкой), либо путем совмещения центра формуляра с фактическим положением цели на экране, если для отметки цели никакой специальный символ не применяется.

Индикатор на характроне является основным и наиболее эффективным средством отображения воздушной обстановки в системе ПВО. Благодаря изобретению электроннолучевой трубки со знаковой индикацией получена возможность быстро и

наиболее полно (до мельчайших деталей) воспроизвести воздушную обстановку в секторе.

Кроме характеристик воздушных целей, на характронном индикаторе могут отображаться специальными значками аэродромы, места дислокации батарей ЗУРС, радиусы действия истребителей и управляемых снарядов, точки и рубежи перехвата, характерные географические ориентиры и т. п.

Такие возможности электроннолучевых трубок со знаковой индикацией в сочетании с их быстродействием увеличили пропускную способность аппаратуры отображения и повысили оперативность и эффективность противовоздушной обороны. Такие средства отображения нашли широкое применение не только во многих системах ПВО, но и в других радиоэлектронных системах (УВД и пр.). (О другой системе отображения со знаковой индикацией типа «Диджитрон» — см. гл. 8, § 3.)

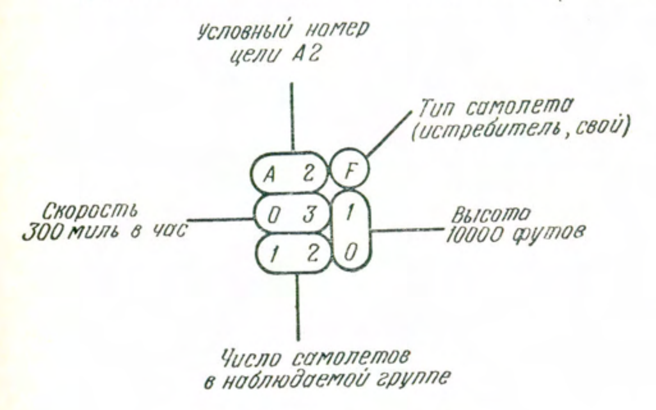


Рис. 5.3. Формуляр цели

Благодаря таким средствам отображения оператор оперативного центра получил широкие возможности для наблюдения и анализа воздушной обстановки, воспроизводимой на индикаторе по желанию самого оператора с различной степенью подробности (детальная, обобщенная с формулярами целей или без формуляров, в масштабе всего сектора или на отдельном его участке в более крупном плане и т. д.). Такие же возможности имеются и для отображения и анализа разработанных машиной различных вариантов уничтожения отдельных целей, причем оператору предоставляется право выбирать из этих вариантов наиболее подходящие (по его мнению) и свои решения вводить в машину.

Операторы оперативного центра выполняют различные задачи: опознавание целей, обобщение воздушной обстановки, выбор средств поражения, наведение активных средств и др. У каждого оператора есть свой пульт боевого управления с индикаторами (на характроне и тайпотроне), на которые вычислительная маши-

на в соответствии с задачами оператора выдает необходимую ему информацию. На характронах обычно отображается воздушная и наземная обстановка в секторе или на отдельном его участке, тайпотроны же используются для сопоставления и анализа отдельных данных воздушной и наземной обстановки, для отображения данных о состоянии и боеготовности средств ПВО сектора, о состоянии погоды в районе отдельных аэродромов, для приема распоряжений или специальных указаний командования сектора, а также такой информации, как причина, по которой машина отклонила действие оператора. Но у оператора, кроме того, имеется возможность со своего пульта управления с помощью кнопочного устройства вызвать для себя из машины дополнительную информацию или ввести в машину свое решение.

Пропускная способность каждого пульта управления в направлении вычислительной машины составляет от 25 до 100 двоичных единиц информации одновременно. Общая емкость входных устройств всех пультов боевого управления составляет более 4000 (точнее 4096) двоичных единиц, которые могут вводиться в машину и выдаваться машиной одновременно и обновляться каждые несколько секунд.

Для отображения на индикаторах из вычислительной машины каждые 2,5 *сек* поступает около 200 различных видов информации, требующих для ее отображения свыше 2000 букв и знаков, 18 000 точек и 5000 линий. Одна часть этой информации отображается на индикаторах постоянно, другая может быть затребована оператором по мере надобности.

Кроме того, машина может вырабатывать и посылать для отображения на индикаторах индексы особого назначения для привлечения внимания оператора.

Более подробно работа операторов на пультах боевого управления будет рассмотрена в следующей главе.

Кроме пультов боевого управления, в оперативном центре для отображения воздушной обстановки в увеличенном масштабе для командира сектора и его штаба применяется большой экран. На большом экране специальной аппаратурой воспроизводится общая воздушная обстановка внутри своего сектора и на прилегающих к нему участках соседних секторов путем проецирования обстановки, отображаемой вычислительной машиной на одном из характронных индикаторов.

§ 2. Пульты боевого управления. Характрон и тайпотрон

В оперативных центрах системы «Сейдж» в зависимости от задач операторов применяются пульты боевого управления различных модификаций. Большинство из них имеет одинаковые составные элементы и выполнены конструктивно в консольном исполнении, благодаря чему они часто называются просто консолями.

Типовой пульт боевого управления (рис. 5.1) состоит из следующих основных частей: индикаторного устройства на характроне, индикаторного устройства на тайпотроне, клавиатуры кнопочного управления и фотопистолета. Кроме того, на пультах имеется много других органов управления индикаторами (настройки, регулировки, переключения масштабов изображения и т. п.). Пульты также оборудованы средствами связи и сигнализации.

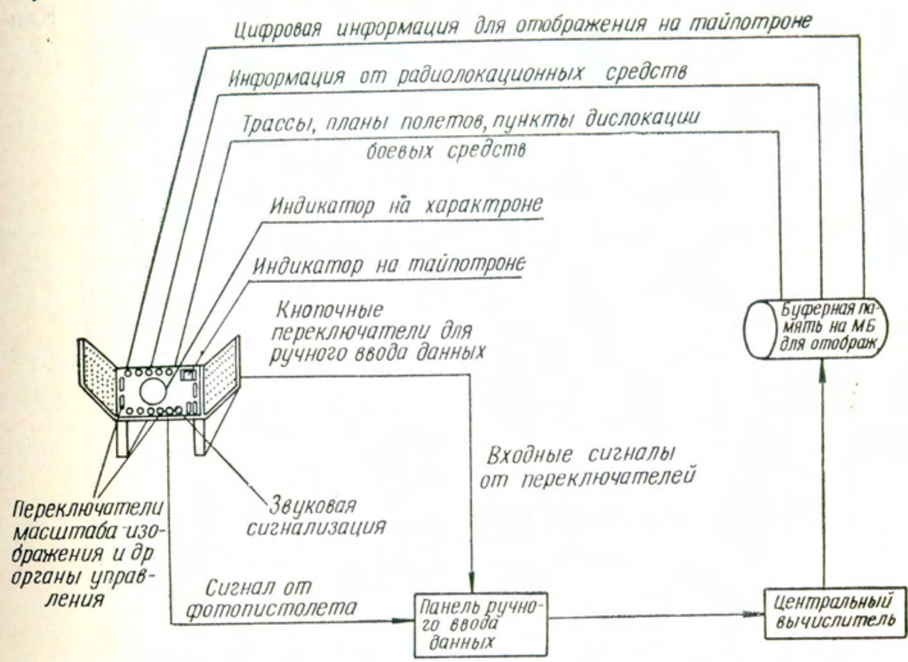


Рис. 5.4. Схема взаимодействия пульта боевого управления и вычислительной машины

Вычислительная машина обеспечивает распределение и выдачу хранящейся в ней информации между всеми операторами в соответствии с их задачами. Для этого центральный вычислитель в соответствии с программой взаимодействует с кодовой таблицей (матрицей), хранящейся на буферном барабане системы отображения, и записывает на барабан всю необходимую для каждого оператора информацию (рис. 5.4). Записанная на барабане кодированная информация расшифровывается и отображается на соответствующих индикаторах с темпом (периодом обновления информации) 2,5 *сек*. С помощью устройств запроса и ввода данных в машину, выполненных в виде клавиатуры кнопочных переключателей, оператор может вызвать для себя дополнительную информацию. При затребовании дополнительной информации цен-

тральный вычислитель в любое время по получении запроса может изменить любую часть отображаемой информации путем переписывания только соответствующих слов на барабане.

Рассмотрим кратко устройство и принцип действия отдельных элементов пультов боевого управления.

Характрон. В индикаторах пультов боевого управления системы «Сейдж» нашел применение характрон типа С19К с диаметром экрана 19 дюймов (48 *см*) и длиной трубки 114 *см*. Как

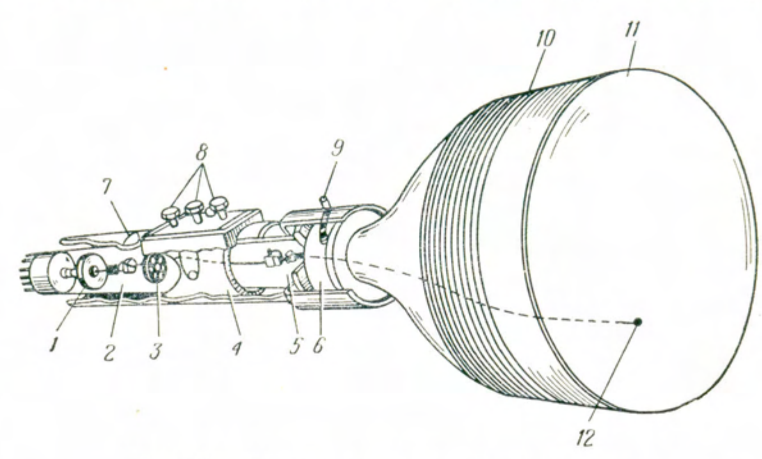


Рис. 5.5. Схематический чертеж характрона:
1 — электронный прожектор; *2* — выбирающие пластины; *3* — матрица; *4* — фокусирующая катушка; *5* — компенсирующие пластины; *6* — катушка вертикального и горизонтального отклонений; *7* — экран; *8* — регулировка положения фокусирующей катушки; *9* — регулировка катушки вертикального и горизонтального отклонений; *10* — спираль послеускорения; *11* — экран трубки; *12* — изображение знака на экране

видно из рис. 5.5, основными элементами характрона являются: электронная пушка (прожектор) *1*, пластины горизонтального и вертикального отклонения луча для выбора знака *2*, матрица *3*, компенсирующие пластины *5*, фокусирующая катушка *4*, катушка горизонтального и вертикального отклонений луча для определения места знака на экране (адресная система) *6*, ускоряющий анод в виде спирали (спираль послеускорения) *10*, экран трубки *11* и другие вспомогательные детали. Работой характрона управляет специальное устройство (блок управления), которое является промежуточным звеном между вычислительной машиной и характроном, преобразующим команды машины в управляющие напряжения (или токи) и информационные сигналы.

В горловине характрона, как и у всякой электроннолучевой трубки, установлена электронная пушка, создающая пучок электронов в виде луча. Пройдя отклоняющие пластины выбора знака, электронный луч попадает в определенное место матрицы. Матрица (рис. 5.6) представляет собой металлическую пластинку

толщиной 0,025 *мм* и площадью 1,6 *см*^{2}, на которой пробиты отверстия в виде различных знаков: букв, цифр, точек, линий и других условных символов. Всего на матрице может быть нанесено 64 знака. Высота знака 0,31 *мм*, интервал между знаками 0,76 *мм*.

Электронная система трубки рассчитана так, что пучок электронов, выходящий из пушки, имеет точку скрещения (самое узкое сечение луча) между выбирающими пластинами и матрицей. На

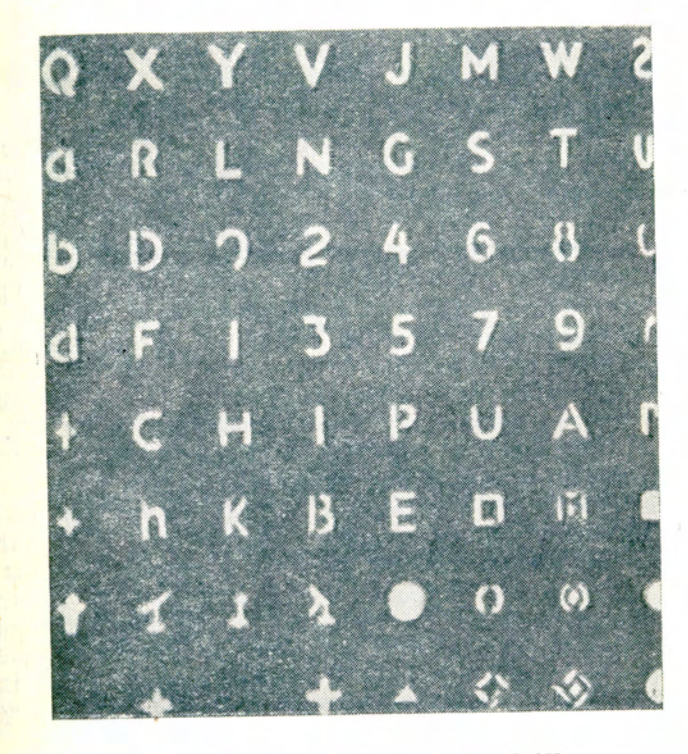


Рис. 5.6. Матрица характрона С19К

матрицу таким образом попадает несколько расходящийся пучок, который, пройдя ее, приобретает в поперечном сечении форму того или иного знака. Выбор определенного знака производится схемой управления, которая в соответствии с поступившим из вычислительной машины кодом выдает определенные напряжения на отклоняющие пластины, направляющие электронный луч на нужный знак матрицы.

Далее луч, принявший форму знака, проходит через фокусирующую катушку и компенсирующие пластины, которые в комбинации служат для того, чтобы возвратить луч на ось трубки и направить его точно вдоль оси.

Фокусирующая катушка является одним из наиболее ответственных узлов трубки и состоит из основной обмотки и двух корректирующих, включаемых навстречу основной. Основная обмотка, заключенная в металлический экран с большой магнитной проницаемостью, создает магнитное поле, которое возвращает электронный луч после прохождения любого отверстия матрицы снова на ось трубки. При этом происходит поворот поперечного сечения луча на 90°.

Магнитное поле фокусирующей катушки из-за близкого ее расположения около матрицы оказывает вращающее действие на луч еще до подхода его к матрице и закручивает его на 3,5°. Для компенсации этого поворота луча матрицу по отношению к плоскости выбирающих пластин устанавливают с наклоном в 3,5°. Допускаемая неточность взаимной установки матрицы и выбирающих пластин компенсируется одной из корректирующих катушек, расположенной со стороны выбирающих пластин. Вторая корректирующая катушка, расположенная с другой стороны, служит для поворота луча, уже несущего изображение знака, в некоторых пределах для учета неточности установки компенсирующих пластин.

На компенсирующие пластины подаются те же отклоняющие напряжения, что и на выбирающие пластины, с учетом только разницы в чувствительности пластин. Но поскольку при прохождении через фокусирующую катушку луч поворачивается на 90°, расположение вертикальных и горизонтальных компенсирующих пластин относительно выбирающих также сдвигается на 90°.

Далее луч попадает в адресную систему, состоящую из катушки вертикального и горизонтального отклонений, и входит в нее точно по оси трубки. Но так как катушка адресной системы расположена в месте перекрещивания лучей, луч, выходя из нее, оказывается повернутым на 180°. С этой точки луч расходящимся пучком направляется к экрану, и его положение на экране будет определяться тем соотношением токов, протекающих в адресной катушке, которое получено от схемы управления в соответствии с сигналами из машины.

Между адресной системой и экраном характрона имеется специальная система послеускорения, выполненная в виде спирали из материала с большим сопротивлением, нанесенным на внутреннюю поверхность широкой части колбы. Эта спираль является третьим анодом характрона, на который подается напряжение от 5 до 12 *кв*. Такая конструкция ускорителя, с одной стороны, вносит значительно меньше искажений в форму луча (существенная деформация знаков на краях экрана), чем ускоритель в виде одиночного кольца из аквадага, а с другой — приводит к уменьшению чувствительности по отклонению, поскольку в этом случае электронные траектории получаются не прямыми, а искривленными к оси. Последнее является недостатком, вызывающим необходимость в адресной системе получать большие углы отклонения луча (около 70°), чем результирующие углы отклонения (порядка 43°).

В результате взаимодействия всех элементов трубки на экране высвечиваются знаки высотой около 2,5 *мм*. Для получения знаков удовлетворительной четкости расстояния между матрицей, фокусирующей катушкой и экраном трубки должны быть выдержаны с большой точностью, для чего в характроне предусмотрена возможность регулировки положения фокусирующей катушки относительно матрицы.

Для получения знаковой индикации на экране характрона управляющие сигналы, выработанные блоком управления, должны воздействовать на следующие четко разграниченные функциональные элементы трубки: систему управления лучом, систему выбора знака на матрице, фокусирующую и адресную системы.

Блок управления, поскольку он сопрягается с вычислительной машиной (через магнитный барабан системы отображения), от которой информация поступает в двоичном коде, должен содержать, естественно, кодовые регистры для временного запоминания поступившей информации, преобразователи для превращения дискретных значений кода в соответствующие ему непрерывные напряжения или токи, а также коммутирующее устройство, определяющее последовательность воздействия управляющих сигналов на перечисленные функциональные элементы трубки.

В блоке управления могут использоваться различные схемы управления. Типовая функциональная схема управления показана на рис. 5.7. Как видно из рисунка, на блок управления поступают информационные сигналы и сигналы управления (*а* и *б*). Управляющий сигнал (*а*) задает темп и последовательность работы схемы управления, а управляющий сигнал (*б*) предназначен для возвращения всех регистров в исходное положение перед началом очередного цикла поступления информации.

Информационные сигналы поступают на коммутатор в определенной последовательности. Прежде всего поступают коды, определяющие положение луча на экране трубки по вертикали и горизонтали. Коммутатор направляет эти коды на соответствующие регистры, после чего они поступают в преобразователи, где преобразуются в непрерывные значения токов и после усиления в двухтактных выходных усилителях воздействуют на адресную систему, приводя ее в состояние готовности направить луч в заданное место на экране.

Затем на коммутатор поступают коды знаков матрицы, причем для выбора одного знака коды положения его на матрице по горизонтали и вертикали поступают одновременно. Аналогичным образом эти коды проходят на регистры выбора знаков матрицы и преобразователи. Непрерывные напряжения, пропорциональные поступившим кодам, с преобразователей через двухтактные выходные усилители поступают на выбирающие и компенсирующие пластины трубки.

Важными элементами схемы управления являются также дешифраторы кодов в преобразователях, которые обеспечивают пре-

образование параллельного двоичного кода в пропорциональные ему напряжения или токи. Как видно из вышесказанного, в характроне для выборки знаков матрицы используется преобразование двоичного кода в напряжения, а для размещения знаков на экране — в токи. Те и другие дешифраторы ничем принципиально не отличаются, за исключением того, что в адресной системе ис-

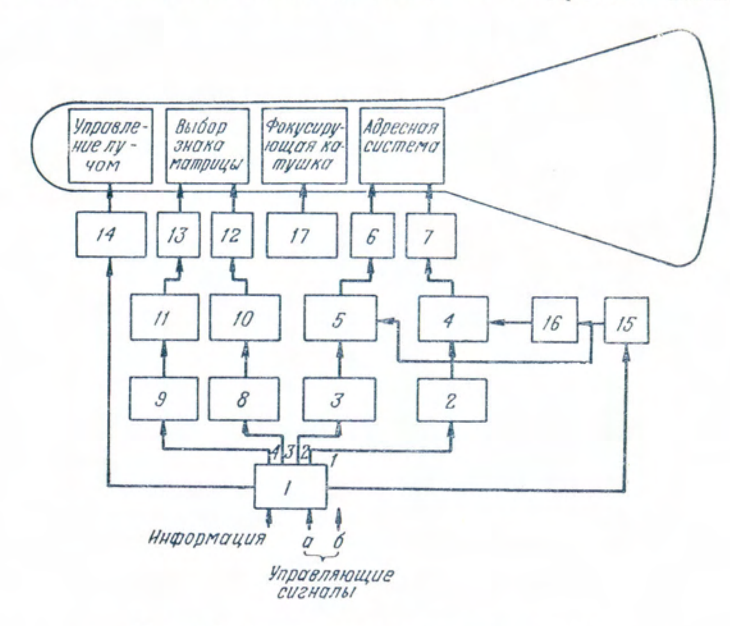


Рис. 5.7. Схема управления характроном:

1 — коммутатор; *2, 3* — регистры вертикального и горизонтального отклонений; *4, 5* — преобразователи кода положения луча на экране из дискретных значений в непрерывные; *6, 7* — выходные усилители; *8, 9* — регистры выбора знаков матрицы; *10, 11* — преобразователи кода выбора знаков матрицы; *12, 13* — выходные усилители; *14* — схема формирования импульса подсвета; *15, 16* — счетчики выработки вертикальных и горизонтальных приращений для образования формуляров; *17* — токостабилизирующая схема для питания фокусирующей и корректирующих катушек

пользуется большее число разрядов и предъявляются более жесткие требования к стабильности токов по мере увеличения разрядов.

Для гашения луча при переводе его от одного знака матрицы к другому каждый код знака сопровождается специальным сигналом, который управляет схемой формирования импульсов подсвета луча. Этот же сигнал в такт с выбором каждого знака специальными счетчиками задает соответствующие приращения токов по вертикали и горизонтали адресной системы с тем, чтобы выбранные на матрице знаки не попадали в одну и ту же точку экрана.

Сигналы, несущие информацию о воздушной обстановке, на характронные индикаторы поступают последовательно. Благодаря большой скорости движения луча и использованию в характронах экранов с большим послесвечением все знаки, высвеченные на экране, видны одновременно. Для подсветки одного знака затрачивается 50 *мксек*, а с учетом затрат времени на переходные процессы в системе развертывания луча по экрану на один знак требуется 100 *мксек*. Тогда на воспроизведение одного формуляра цели из 9 знаков потребуется 900 *мксек*. Следовательно, при одноразовом высвечивании за 1 *сек* можно воспроизвести до 1000 формуляров. Однако в характронах, обладающих послесвечением экрана, при одноразовом высвечивании изображения знаков будут иметь очень малую яркость и их трудно наблюдать даже в затемненных помещениях, что практически малопригодно для оперативной работы. Поэтому индикация на характронных индикаторах осуществляется в режиме повторения высвечивания информации с частотой порядка 15 *гц*. Дальнейшее увеличение частоты повторения ограничивается наличием большого объема информации (большое количество объектов и разнородность информации о них).

Таким образом можно рассчитать, что при условии, когда формуляры будут высвечиваться не для всех целей, на одном характроне может быть отражена информация для нескольких сот (порядка 300) самолетов одновременно.

Важное преимущество характрона как трубки со знаковой индикацией — независимость скорости индикации знака от его сложности. Скорость выборки любого требуемого знака близка к скорости отклонения луча. В отношении скорости отображения, четкости знаков и удобства сопряжения с вычислительной машиной характрон, как и другие знакопечатающие трубки, превосходит все остальные типы электроннолучевых трубок. Но и трубки знаковой индикации не являются пределом совершенства и имеют свои недостатки и ограничения.

Основными недостатками характронов, использовавшихся в системе «Сейдж» в начале ее функционирования, были: ограниченный объем отображаемой информации из-за недостаточного быстродействия и недостаточной яркости знаков при одноразовом высвечивании и ухудшенная четкость (размытость) знаков на краях экрана трубки.

Разработанные в последнее время характроны более совершенны по сравнению с первыми образцами, хотя принцип построения их остался прежним. В настоящее время выпускаются характроны с матрицами на 88, 128 и 132 знака, в них отсутствует деформация знаков на краях экрана, что дает возможность более эффективно использовать площадь поверхности экрана. Они обладают также повышенной яркостью, что достигнуто за счет применения новых люминофоров. Разрешающая способность новых трубок достигает 1800 телевизионных строк, причем ограничением для

дальнейшего повышения разрешающей способности является зернистость люминофора. Скорость записи в современных характронах составляет 50 000 знаков в секунду. Разрабатываются трубки с электростатическим отклонением в адресной системе, которые позволят повысить скорость записи до 200 000 знаков в секунду. Достоинством таких трубок, кроме того, является гибкость их использования для отображения разного вида информации: наряду со знаковой информацией трубки могут индицировать радиолокационную и телевизионную информации. Для индикации карт, графиков и прочей дополнительной информации используются трубки с окном для ввода этой информации методом оптической

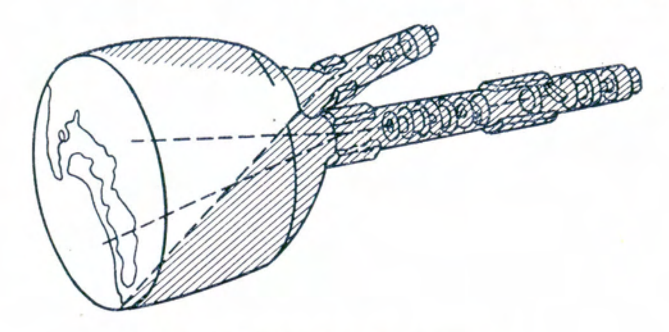


Рис. 5.8. Двухлучевой характрон

проекции, при этом управление проектором для смены диапозитивов производится с пульта дистанционно путем нажатия кнопки. В печати сообщалось о разработке двухлучевого характрона, в котором имеются две электронные пушки и два комплекта отклоняющей системы (рис. 5.8).

Срок службы современных знакопечатающих трубок 20 000 *ч* и более (вместо 4000 в первых образцах). Характроны выдерживают воздействие ударных нагрузок с ускорением 32—34 *g* (в течение 52 *мсек*).

В настоящее время выпускаются укороченные характроны длиной 63 *см* (вместо 114 *см*) без ухудшения основных технических характеристик. В печати также сообщалось, что в системе «Сейдж» применяются характроны диаметром 75 *см*.

Тайпотрон. В индикаторах операторских пультов применяются тайпотроны с диаметром экрана 5 дюймов (127 *мм*) и рабочей частью диаметром 100 *мм*. Тайпотрон представляет собой электроннолучевую трубку со знаковой индикацией и запоминанием информации типа потенциалоскопа. По существу он является вариантом характрона с некоторыми дополнительными устройствами.

Как видно из рис. 5.9, основное отличие тайпотрона от характрона — наличие специального запоминающего устройства, позво-

ляющего запоминать записанный сигнал на сколь угодно длительное время, и наличие второго прожектора, используемого для воспроизведения записанной информации.

Формирование и выбор знаков в тайпотроне производится точно так же, как и в характроне. Но для выбора места знака на экране в тайпотроне применяется электростатическая адресная система. Дальше работа трубки происходит следующим образом.

Электроны записывающего луча, несущие изображение знака, после прохождения адресной системы со скоростью 3 *кв* попадают на мишень, являющуюся основным элементом запоминающего устройства, и бомбардируют ее поверхность, выбивая из нее

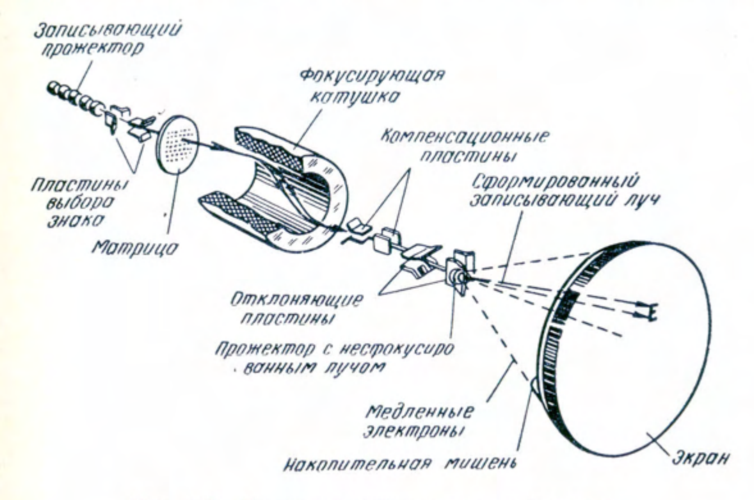


Рис. 5.9. Схематический чертеж тайпотрона

вторичные электроны. Мишень представляет собой мелкоструктурную сетку, расположенную параллельно экрану (в нескольких миллиметрах от него) и покрытую со стороны электронной пушки слоем диэлектрика. Перед мишенью находится коллекторная сетка, имеющая потенциал +200 *в* относительно мишени. В результате бомбардировки мишень в местах, куда попали электроны луча, заряжается положительно примерно до потенциала коллекторной сетки. Таким образом на мишени образуется потенциальный рельеф в форме соответствующего знака, с которого можно производить считывание (воспроизведение).

Воспроизведение записи осуществляется с помощью излучаемого воспроизводящим прожектором широкого однородного пучка медленных электронов, облучающих всю поверхность мишени. Воспроизводящий прожектор размещается на одной из адресных пластин; его катод имеет потенциал, приблизительно равный потенциалу металлической подложки мишени, и обычно соединяется

с корпусом. Поток медленных электронов со скоростями порядка 200 *в* проходит коллекторную сетку и на пути к мишени встречает тормозящее поле тех мест ее, где записи не было, и отражается от них. Следовательно, в тех местах мишени, где записи знака не было, электроны сквозь диэлектрик к экрану не пройдут, а в местах, где запись была, они беспрепятственно проходят сквозь ячейки сетки, покрытые диэлектриком, и под действием ускоряющего поля в 3 *кв* попадают на экран и образуют на нем изображение знака.

Записанная на тайпотроне в режиме запоминания информация может храниться в течение неограниченного времени. При необходимости изображение на экране трубки можно стереть, понизив потенциал коллекторной сетки до величины, меньшей критической (режим стирания). Новую запись можно получить только после установления номинальных величин напряжений на всех электродах трубки.

В тайпотроне имеются и некоторые вспомогательные устройства. На расстоянии около 6 *мм* перед коллекторной сеткой установлена сетка ионного отражателя для недопущения попадания на мишень положительных ионов, образующихся в колбе вследствие ионизации остатков газа. На стенках колбы между прожектором медленных электронов и экраном нанесен слой аквадага (3-й анод, +150 *в*), который вместе со вторым анодом создает коллимирующую линзу для направления расходящегося потока медленных электронов перпендикулярно к поверхности мишени. Это необходимо для исключения искажения знаков при воспроизведении их с мишени на экран.

В таком тайпотроне среднее время записи одного знака составляет около 40 *мксек*, время стирания записанного изображения — 50 *мксек*. Большое время стирания мешает использовать тайпотрон в тех же целях, что и характрон. Воспроизводимые на экране тайпотрона изображения знаков отличаются высоким уровнем яркости, что допускает использование тайпотрона при внешнем освещении.

Особенностью конструкции тайпотрона является наличие выводов электродов, управляющих запоминающей частью трубки, в широкой части колбы рядом с экраном. Питание других электродов обеспечивается через цоколь, в котором имеется 23 штырька. Матрица имеет 63 знака. На рис. 5.10 приведена фотография экрана тайпотрона с изображением матрицы.

Известна более поздняя конструкция тайпотрона, в которой используется микроминиатюрная матрица с размером стороны 0,3 *мм* и толщиной 2,5 *мк*, установленная непосредственно в электронной пушке записывающего прожектора. Эта матрица вся облучается широким однородным пучком электронов. Благодаря системе линз пучок электронов, прошедший матрицу, несет в себе полный набор знаков матрицы. После прохождения выбирающих пластин, обеспечивающих необходимое отклонение пучка электронов, последний направляется к металлической пластине с единственным отверстием, расположенным точно по оси трубки. Это отверстие пропускает такую часть электронного пучка, которая содержит изображение только одного знака. Выбор знака производится подачей соответствующих управляющих напряжений на выбирающие пластины, которые смещают все изображение матрицы так, чтобы требуемый знак был расположен точно в плоскости выбирающего отверстия. На экране с помощью адресной системы

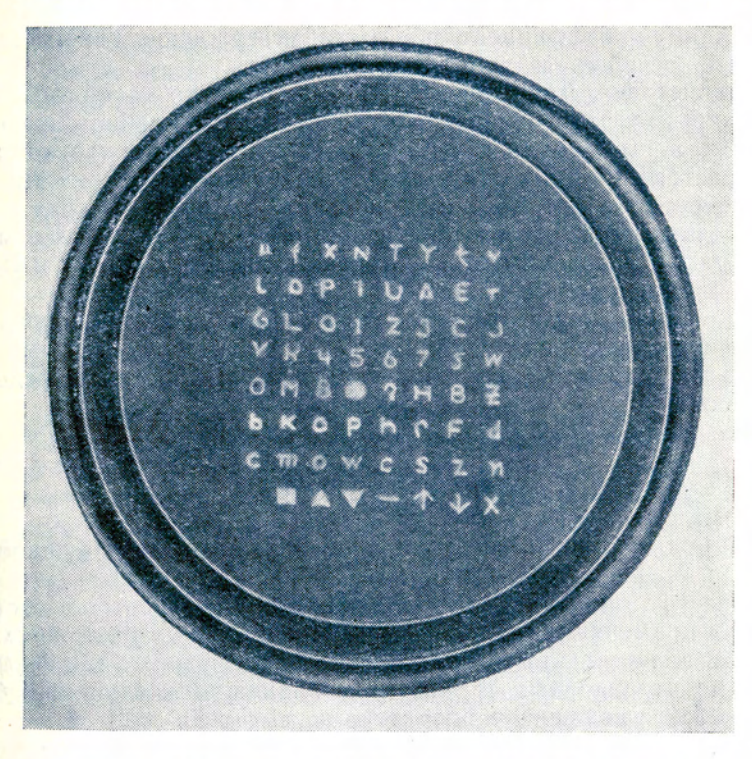


Рис. 5.10. Увеличенное изображение матрицы тайпотрона

будет воспроизведен этот знак в нужном месте. Изложенный способ выбора знаков называется методом апертурной селекции. В этом случае не нужны компенсирующие пластины, что упрощает управление трубкой.

В печати сообщалось также, что в США разработаны тайпотроны с диаметрами экранов 30 и 50 *см*. В последнем тайпотроне для выбора места знака на экране используется электромагнитное отклонение. Высота знака на экране этой трубки 5 *мм*, время записи 500 *мксек*. Такие тайпотроны могут использоваться в системах с одноразовой выдачей большого объема информации.

Клавиатура кнопочного управления. Вызов дополнительной информации на экран индикатора и ввод в машину решений производится оператором с помощью клавиатуры кнопочного управления или фотопистолета (рис. 5.1). Путем нажатия определенных кнопок на клавиатуре своего пульта боевого управления (что означает набор определенного кода) оператор может послать в машину различные команды, которые машина немедленно выполняет, и либо выдает на индикатор затребованную информацию, либо учитывает в своих вычислениях введенную оператором величину или команду (коэффициент, параметр, утверждение какого-нибудь варианта решения и т. п.).

Фотопистолет. Для более быстрого вызова по какой-либо цели формуляра, ввода срочной команды на сопровождение определенной цели, а также ряда других команд операторы пользуются фотопистолетом. Фотопистолет представляет собой устройство, содержащее в себе фотоэлемент и выполненное иногда в виде пистолета. Фотоэлемент фотопистолета реагирует на яркостную отметку цели и вырабатывает сигнал, который затем усиливается и поступает в машину.

При совмещении фотопистолета с отметкой цели полученный в нем сигнал содержит полярные координаты цели, которые вводятся в машину, что и является указанием машине на определенную цель.

§ 3. Аппаратура большого экрана

Для большей наглядности и удобства анализа воздушной обстановки ее желательно видеть в крупном масштабе. Для этой цели на командных пунктах оперативных центров системы «Сейдж» применяются большие экраны, которые в настоящее время почти полностью вытеснили применявшиеся ранее так называемые демонстрационные экраны или планшеты воздушной обстановки, обслуживавшиеся операторами вручную.

Большой экран является средством отображения коллективного пользования. Его желательный размер зависит от размеров помещения командного пункта, где он устанавливается, и от числа людей, которые им пользуются. Однако практически возможный размер его зависит от технических характеристик аппаратуры и тех методов, которые применяются для получения изображения на большом экране. В любом случае размер большого экрана определяется в основном яркостью и контрастностью получаемого на нем изображения.

Существует несколько способов получения картины воздушной обстановки с характеристиками целей, выраженными знаковой индикацией. Однако все они без исключения используют метод непосредственной проекции на большой экран изображения, полученного на индикаторе воздушной обстановки.

В одном из ранних методов применялась проекция изображения непосредственно с экрана электроннолучевой трубки с темновой записью — скиатрона. Однако эта сложная система совместного использования характрона и скиатрона имела существенные недостатки: малая контрастность при низких частотах повторения, значительное время на уничтожение записанного изображения и большая сложность получения изображения на большом экране размерами более одного квадратного метра (1×1 *м*).

Большее распространение получил фотопроекционный метод. Он заключается в скоростном фотографировании, ускоренном проявлении и немедленном проецировании на большой экран. Вся аппаратура в этом случае состоит из фотокамеры для съемки экрана индикатора, устройства для быстрой обработки кинопленки и оптической системы для проецирования обработанного снимка. Достоинствами этого метода является отсутствие промежуточной электроннолучевой трубки, возможность получения четкого, яркого и контрастного изображения, а также возможность получения изображения на большом экране постоянной яркости. Недостаток этого метода в невозможности иметь изображение на большом экране одновременно с появлением его на экране индикатора. Время запаздывания изображения на большом экране определяется в основном временем, затрачиваемым на обработку снимка. Этот метод позволяет иметь размер изображения на большом экране диаметром до 4 *м*.

Наиболее известной аппаратурой, использующей фотопроекционный метод, является устройство «Репроматик рекордер», разработанное фирмой «Кеньон Инструмент». Это быстродействующее фотографическое устройство позволяет воспроизвести на своем экране снимки с экрана характрона через 2 *сек* после съемки. При соответствующем изменении проектора эта система дает возможность получить изображение воздушной обстановки со знаковой индикацией на большом экране.

Устройство «Репроматик рекордер» размещается в шкафу, основная часть которого занята характроном и блоком управления индикатором. Характрон в шкафу установлен вертикально, изображение с его экрана направляется в объектив фотокамеры с помощью зеркала, наклоненного к поверхности экрана под углом 45°. В устройстве используется фотопленка, чувствительная только к синему цвету, так как в характроне применен люминофор Р11, имеющий синее свечение. Применяемая фотопленка мелкозернистая, имеющая высокую разрешающую способность, поскольку получаемое изображение на пленке имеет диаметр 17,8 *мм*, а высота знака составляет 0,076 *мм*. Все процессы в этой аппаратуре (фотографирование, обработка пленки и проецирование) производятся одновременно и непрерывно и управляются специальным синхронизирующим устройством.

Расход пленки в этой аппаратуре незначителен. Если принять, что смена информации на экране характрона происходит практи-

чески каждые 5 *сек* (помня, что темп обновления информации на индикаторах составляет 2,5 *сек*), то для отображения обстановки в течение 24 *ч* потребуется 17280 кадров, или 415 *м* пленки.

Важным достоинством этой аппаратуры является возможность сохранить заснятые изображения в качестве отчетного документа, позволяющего в любой момент восстановить ход той или иной операции.

Широкие возможности для получения картины воздушной обстановки на большом экране дает телевизионный метод. Изображение с экрана характрона в этом случае может быть снято передающей телевизионной камерой, видеосигналы с которой должны поступать на приемную телевизионную трубку, являющуюся одновременно и проекционной. Изображение с проекционной трубки с помощью специального проектора проецируется на большой экран. Качество изображения на большом экране будет зависеть не столько от оптики проекционного устройства, сколько от качества телевизионной проекционной трубки. При высоте знака на экране характрона 3 *мм* для его четкого воспроизведения необходимо около 10 строк. Иногда для воспроизведения всего изображения с экрана характрона диаметром 48 *см* необходима телевизионная система с четкостью порядка 1600 строк. Получение столь высокой четкости сопряжено с определенными трудностями. Однако в печати сообщалось, что в США Кембриджским исследовательским центром ВВС разработана телевизионная аппаратура для непосредственного съема изображения с экрана характронов, применяемых в системе «Сейдж», с разрешающей способностью в 2000 строк. Такая система использовалась для трансляции по телевизионному каналу картины воздушной обстановки, полученной на характронах системы «Сейдж», в центры управления воздушным движением. С помощью такой телевизионной системы можно получить весьма качественное изображение воздушной обстановки на большом экране.

Для отображения на больших экранах информации о воздушной обстановке, особенно об обстановке в масштабе всей страны, на командных пунктах североамериканского командования ПВО «Норад» и стратегической авиации США применяется электронно-оптическая система индикации «Иконорама» (рис. 5.11). Система имеет высокие характеристики по яркости, контрастности и разрешающей способности.

Эта система индикации состоит из следующих элементов: большого настенного экрана, нескольких проекторов с записывающими устройствами, планшетов для ручного ввода графической документации, автономных проекционных планшетов, пульта управления проекторами, контрольных панелей и репродукционных устройств для размножения и документирования записанной информации.

«Иконорама» является многоканальной системой индикации, которая для отображения на большом экране сложной обстановки

использует одновременно несколько (до 10 и более) проекционных устройств. Система может отображать любого вида информацию, использующую векторные, символические, буквенные, цифровые и графические изображения данных, поступающих от радиолокационных станций, аналоговых и цифровых вычислительных машин, клавиатурных устройств пультов боевого управления,

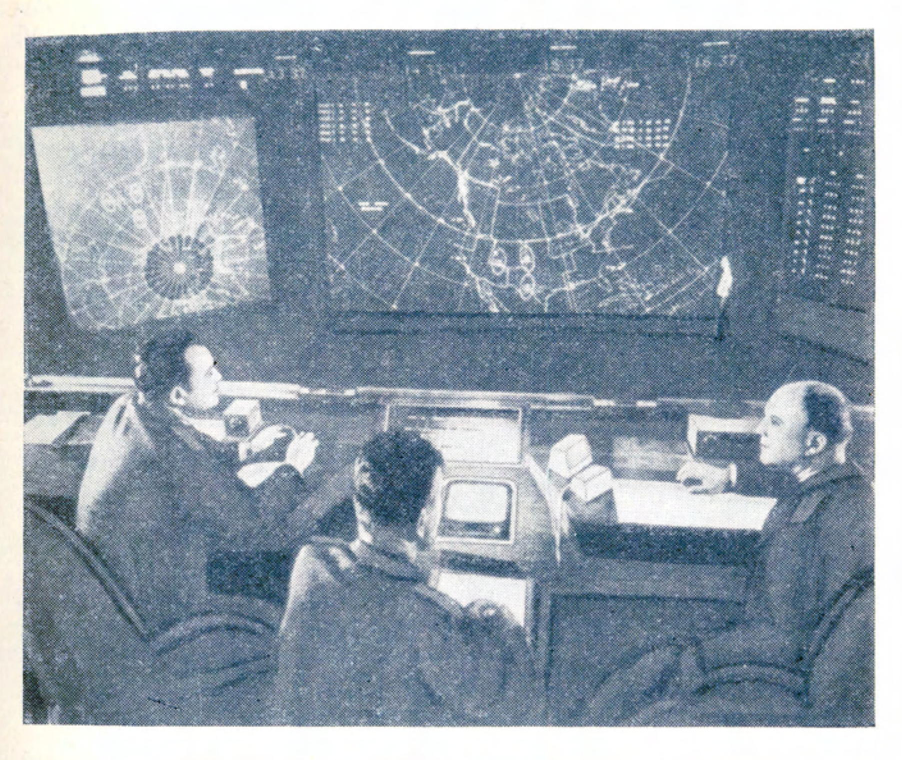


Рис. 5.11. Отображение обстановки на большом экране командного пункта «Норад» с помощью электронно-оптической системы индикации «Иконорама»

телетайпных линий связи и других источников информации. В частности, эта система позволяет одновременно отобразить множество непрерывно движущихся целей с их траекториями и другими характеристиками.

Основным элементом системы «Иконорама» является проекционное устройство, внутри которого вмонтирован миниатюрный записывающий механизм (рис. 5.12). Записывающий механизм состоит из ряда автоматически сменяемых прозрачных стеклянных пластинок, покрытых непрозрачным металлическим слоем, и очень тонкой царапающей иглы, жестко закрепленной на прозрачной пластине-держателе. Держатель с иглой приводится в движение по

горизонтали и вертикали (по осям X и Y) двумя следящими системами в соответствии с внешними, несущими информацию сигналами. Исполнительные двигатели следящих систем связаны с держателем иглы точными червячными передачами, служащими также для надлежащей исходной установки иглы по осям координат. По окончании записи или при замене пластины, на которой производится запись, игла отводится от непрозрачного слоя пластины с помощью соленоида. Замена пластины для ведения новой записи производится дистанционно управляемым сменяющим механизмом.

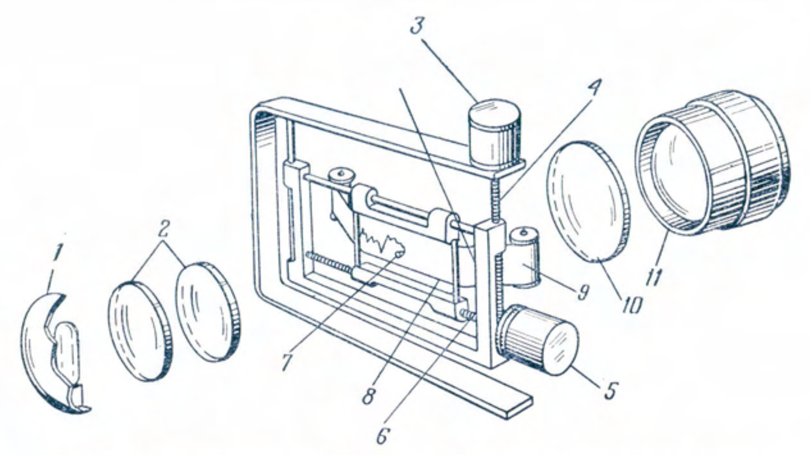


Рис. 5.12. Проекционное устройство системы «Иконорама» (вариант с передвигающейся пленкой):

1 — источник света; *2* — конденсаторные линзы; *3* — серводвигатель вертикального передвижения; *4* — вертикальная червячная передача; *5* — серводвигатель горизонтального передвижения; *6* — горизонтальная червячная передача; *7* — передвигающаяся пленка, покрытая непрозрачным слоем; *8* — пишущая игла; *9* — прозрачный держатель иглы; *10* — цветной фильтр; *11* — линзы проектора

Весь записывающий механизм размещается внутри оптической системы высокого класса точности, состоящей из нескольких линз и цветного светофильтра. Пишущая игла, чисто соскребая микроскопически тонкий непрозрачный слой на прозрачной пластине, образует высококачественное графическое изображение, которое проецируется проектором на большой экран в увеличенном масштабе и цветном коде. Поскольку система, удерживающая иглу, прозрачна, записанное изображение никогда не затемняется и его можно проецировать в момент производства записи. Это обеспечивает мгновенность отображения поступающей информации.

Размер пластины, на которой производится запись, составляет 9 *см*². Запись производится на площади 6,45 *см*² с точностью 0,00025. Общая точность системы отображения 0,001.

Одним из недостатков системы является необходимость периодической замены пластинок после их использования. Определенный выход может быть найден, если в качестве среды, на которой производится запись, использовать самозатягивающийся непрозрачный материал. В этом случае длина записанной траектории может характеризовать скорость цели. Если желательно отображать не всю траекторию, а только ее определенную длину, на держатель иглы можно надевать непрозрачный щиток с отверстием определенного размера. При использовании самозатягивающейся пленки траектория может индицироваться не непрерывно, а с разрывом по времени.

Номинальный размер проекции, воспроизводимой одним проектором, равен 2,4×2,4 *м*, но можно получить и 3×3 *м*. Для получения изображения на большом экране практически неограниченного размера используется несколько установленных в одну линию проекторов, которые дают одну общую сложную картину, состоящую из отдельных хорошо сопряженных на стыках кадров.

На общую картину с помощью дополнительных проекторов или планшетов ручного ввода могут наноситься (накладываться) дополнительные данные в виде карт, масштабных и координатных сеток, буквенно-цифровых характеристик, а также любые другие справочные данные. Поскольку наложение записей и постоянных графических изображений с диапозитивов производится оптическим методом, взаимных помех между отдельными изображениями не имеется. В этом отношении система имеет достаточно высокую гибкость.

Введение дополнительных данных с помощью планшета ручного ввода производится путем последовательного совмещения перекрестия планшета, связанного со следящей системой проекторов, с изображением графического документа, заложенного в планшете. Органы управления планшета позволяют отобразить любую часть карты, схемы или графика с любым коэффициентом увеличения.

Проекция изображений на большой экран может быть прямой и обратной (проекторы могут устанавливаться позади экрана).

Вся картина, отображаемая на большом экране, может быть воспроизведена по частям на отдельных проекционных планшетах, которые могут быть установлены в данном или в других помещениях. Такие автономные контрольные планшеты имеют набор проекторов (от 4 до 16 шт.) и собственные экраны размером около 200 *см*². Имеются различные модификации проекционных планшетов: с прямой, боковой или обратной проекцией (в двух последних случаях применяются отражающие зеркала, 1—2 шт.), с вертикально или горизонтально расположенным экраном, с двух- или трехразмерной индикацией.

Возможность отображения в «Иконораме» сложной воздушной обстановки в трех проекциях является еще одним ее достоинством, так как это дает однозначную интерпретацию сложной картины. Это достигается применением проекторов со стереоскопической оптической системой.

Управление отображением в системе «Иконорама» осуществляется оператором с пульта управления проекторами. Оператор с помощью органов управления имеет возможность переключать проекторы на различные источники информации, управлять светофильтрами различных проекторов, переключать масштабы увеличения, вводить дополнительную информацию.

Репродукционное устройство может менее чем за 15 *сек* воспроизвести на бумаге размером 22×28 *см* для целей документирования любую отображаемую обстановку одним проектором или в любой комбинации наложения от нескольких проекторов с любого контрольного планшета (рис. 5.13).



Рис. 5.13. Репродукционное устройство для документирования отдельных ситуаций воздушной обстановки

В печати сообщалось, что на командном пункте нового подземного центра «Норад», построенного в горах Шайены, будет применяться, разработанная фирмой «Оптомеханизм» более совершенная система большого экрана, основанная на фотопроекционном методе. В этой системе экран электроннолучевой трубки (обычно характрона) фотографируется на 35-*мм* пленку одновременно тремя отдельными фотокамерами. Пленка обрабатывается в специальном устройстве, после чего три кадра одновременно поступают в проектор, состоящий из трех оптических систем, оснащенных фильтрами различных цветов: красным, зеленым и синим. Через соответствующий объектив на большой экран проецируется кадр определенного цвета. При одновременном проецировании и соответствующем использовании регистров (затворов) цвета определенным образом смешиваются и дают любой из семи цветов. Так, например, для получения траектории цели красного цвета открывается только один затвор и проецируется только кадр через объектив с красным фильтром. Для получения изображения белого цвета картина проецируется через три объектива с тремя фильтрами.

В этой системе задержка при проецировании воздушной обстановки на большой экран составляет 11 секунд. Размер большого экрана 3,6×4,8 *м*. Устанавливается два таких экрана.

Для индикации информации на большом экране размером 2,4×2,4 *м* применяется система SC-2000, в которой используется метод ксерографической записи.

В этой системе (рис. 5.14) изображение с экрана фотохарактрона C7F проецируется на предварительно подготовленную селеновую пластинку, поверхность которой равномерно заряжена. Оптическое изображение, попадая на пластинку, разряжает ее на освещенных участках, в результате чего создается электростатический рельеф, который для проявления изображения обрабатывается окрашенным порошком. В результате такого сухого проявления, длительность которого составляет 0,5—1 *сек*, на пластине формируется достаточно отчетливое изображение, которое затем проецируется на экран. Полный цикл обработки кадра информации составляет 2—5 *сек*. Пластина может быть использована до 100 тысяч раз без потери качества изображения. Изображение на экране имеет высокие характеристики по яркости, контрастности и разрешающей способности и наблюдается без затемнения помещения. Возможно получение многоцветной индикации.

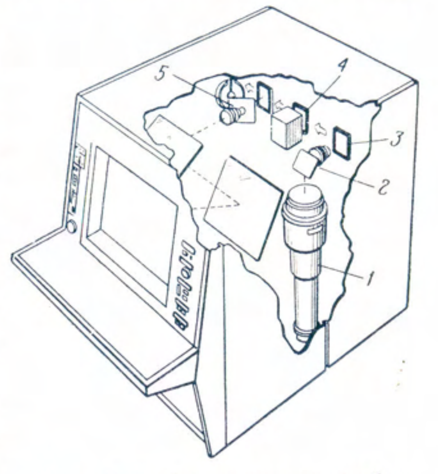


Рис. 5.14. Схематическое изображение индикаторного устройства системы SC-2000:

1 — фотохарактрон C7*F*; *2* — первая оптическая система (зеркало — линза); *3* — селеновая пластинка; *4* — проявляющее устройство; *5* — вторая оптическая система (с источником света 1000 *вт*)

Имеется модификация системы SC-2000 с экраном 4,8×4,8 *м*, в которой используется промежуточный этап переноса изображения на прозрачную пленку. Характеристики этой системы еще более высоки.

Система SC-2000 позволяет индицировать на экране как отметки целей с их буквенно-цифровыми характеристиками, так и любые виды наложенных изображений (сетки, шкалы, контуры материков и т. п.).

Вся информация, поступающая в систему SC-2000, может воспроизводиться на настенном экране больших размеров и одновременно на экранах контрольных пультов управления консольного типа с размером экрана 60×60 *см* (рис. 5.15), на которых отображается обстановка на отдельных участках.

В печати сообщалось, что изображение может увеличиваться в масштабах 2 : 1; 4 : 1; 8 : 1. Изменение масштабов изображений, выбор команд и выбор индикатора для проецирования обстановки на большой экран осуществляется с главного пульта управления без прекращения работы электронной вычислительной машины.

В некоторых случаях для отображения обстановки на большом экране применяются системы индикации, использующие метод записи информации на термопластическую пленку.

Пленка состоит из тугоплавкой подложки, покрытой прозрачным проводником, и тонкого слоя легкоплавкого термопластика, наложенного на поверхность проводника. Запись осуществляется электронным лучом на поверхности термопластической пленки в соответствии с поступившей информацией. На пленке соответственно полученным зарядам образуется потенциальный рельеф. После нагревания пленки до температуры плавления термопластика и последующего ее охлаждения на ней образуется рельеф, который с помощью специальной оптической шлир-системы проецируется на экран в виде изображения. Этот метод также позволяет

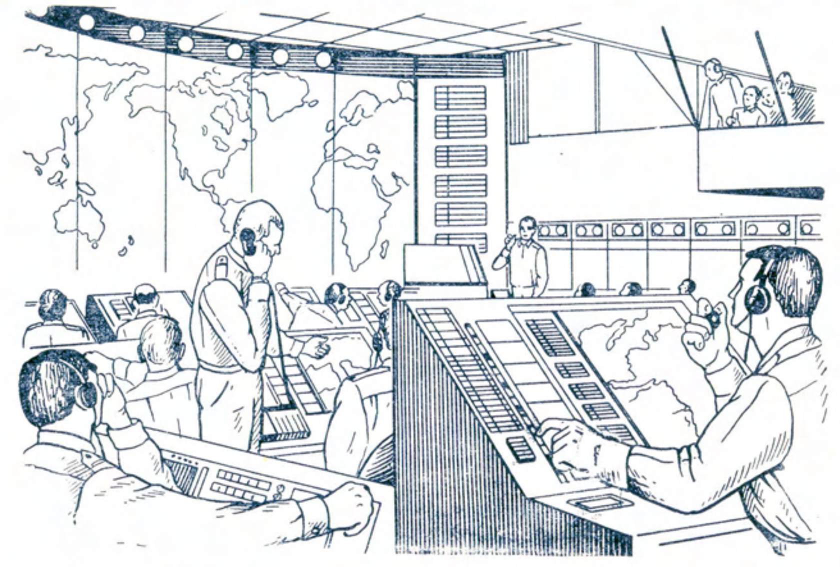


Рис. 5.15. Общий вид командного пункта, на котором установлена аппаратура отображения системы SC-2000

получать цветное изображение. Для получения изображений размером до 1,2×1,2 *м* используется пленка шириной 16 *мм*, для бóльших размеров — шириной 35 *мм*.

Стирание записанной информации осуществляется нейтрализацией зарядов на пленке, после чего пленка становится пригодной к повторному использованию.

Система отображения, использующая метод термопластической записи, весьма перспективна. Наряду с гибкостью и универсальностью этой системе свойственна большая плотность записи, высокая разрешающая способность, возможность мгновенного воспроизведения записи.

Яркость изображения достаточна для работы при дневном освещении.

Такая аппаратура отображения используется в системе ПВО 412L, где применяется большой экран размером 2×3 *м*.

Глава 6

БОЕВАЯ РАБОТА ОПЕРАТИВНОГО ЦЕНТРА СЕКТОРА ПВО

§ 1. Общая характеристика оперативного центра. Оборудование и задачи

Оперативный центр сектора (центр наведения) является низшим, но основным звеном системы управления активными средствами ПВО «Сейдж». На него возлагается ответственность за своевременное обнаружение и опознавание всех воздушных целей, появившихся в пределах данного сектора ПВО, своевременное предупреждение вышестоящих оперативных центров о воздушном налете, приведение в боеготовность боевых средств своего сектора и управление активными средствами сектора по отражению налета противника.

Для получения данных, необходимых для управления боевыми действиями ПВО сектора, оперативный центр связан с многочисленными источниками информации о воздушной и наземной обстановке в своем секторе и за его пределами с помощью большого количества линий связи различного типа. Для передачи выработанных оперативным центром команд управления боевыми действиями и другой информации центр имеет также многочисленные связи с потребителями информации. (Более подробно об источниках и потребителях информации и линиях связи с ними см. гл. 2, 4, 7, 8, а также рис. 6.1.)

Оперативный центр сектора размещается в специально построенном для него здании. Здание более раннего проекта для опытного оперативного центра было трехэтажным длиной 42 *м* и шириной 30 *м*, а силовая электростанция, обеспечивающая оперативный центр электроэнергией, находилась в отдельном здании, расположенном на некотором расстоянии от главного здания. В настоящее время все наземные оперативные центры размещаются в четырехэтажных железобетонных зданиях без окон (рис. 6.2). Все основное оборудование и боевой расчет центра располагаются в верхних этажах, а вспомогательное оборудование (включая си-

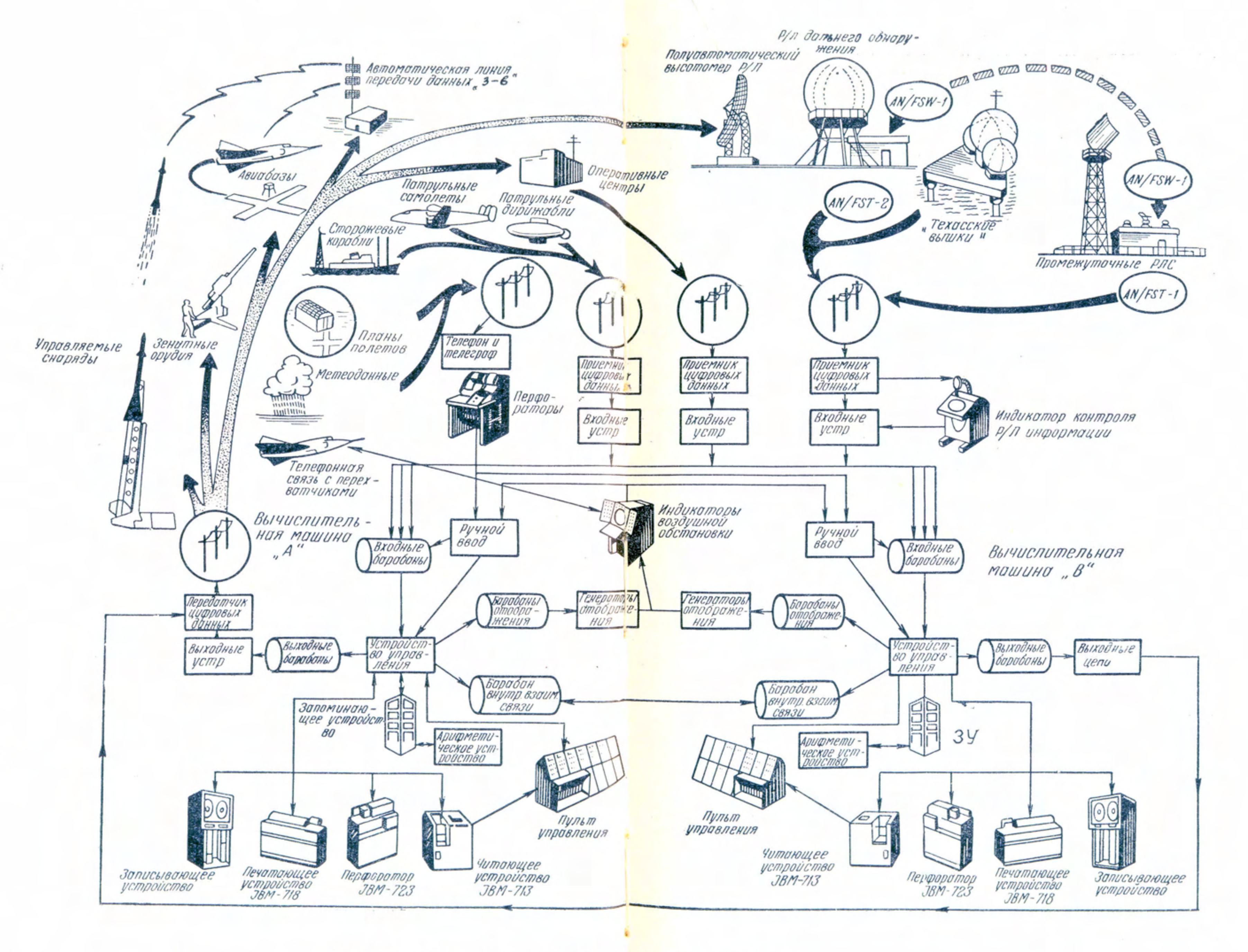


Рис. 6.1. Схема прохождения информации в системе «Сейдж»

ловые агрегаты) — в цокольном и первом. Весь второй этаж занимает вычислительный комплекс, состоящий из двух машин AN/FSQ-7, на четвертом этаже располагаются различные опера-

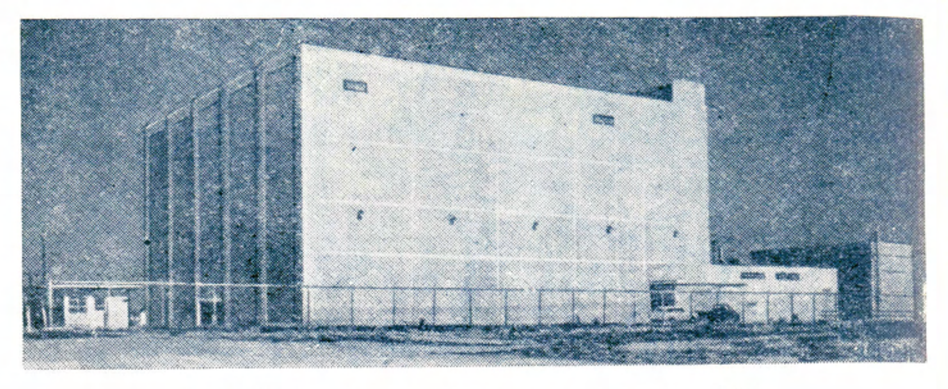


Рис. 6.2. Здание оперативного центра сектора ПВО

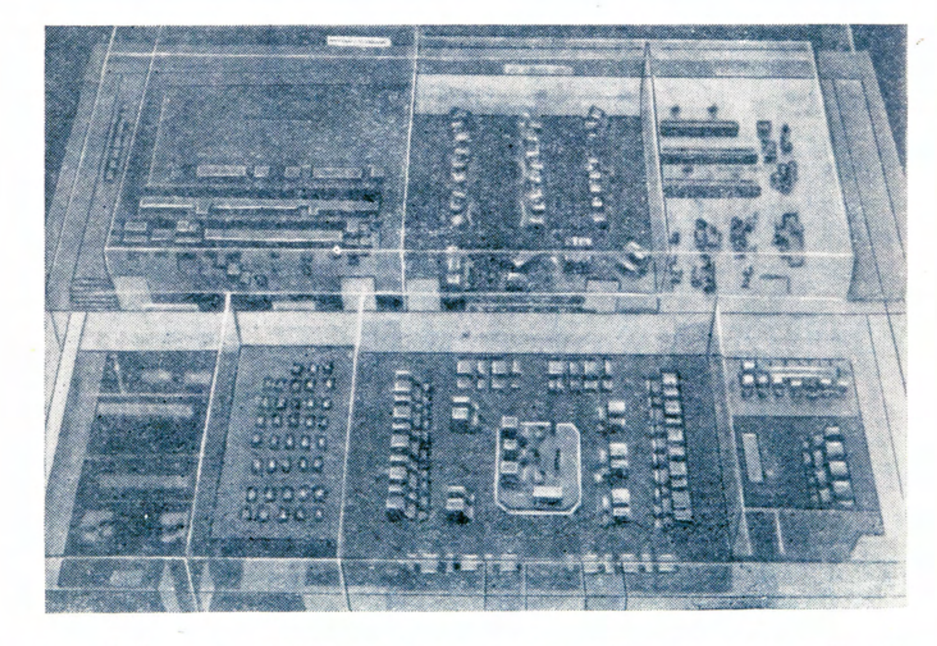


Рис. 6.3. План расположения оперативных помещений на четвертом этаже здания оперативного центра

тивные помещения и командный пункт сектора, оборудованные пультами боевого управления и другой аппаратурой (рис. 6.3). Для нормальной работы оперативного центра здание оборудовано

аппаратурой кондиционирования воздуха, системой теплоотвода и специальной системой освещения. Стоимость строительства одного оперативного центра сектора (включая стоимость вычислительной техники) составляет примерно 30 млн. долларов.

Живучесть наземных зданий оперативных центров низкая, они совершенно не защищены от воздушных налетов, а тем более от ядерных взрывов. Кроме того, наличие большого числа открытых линий связи, которые при налете могут быть повреждены и привести к дезорганизации централизованного управления, также снижает надежность и живучесть системы.

Значительная часть входной и выходной информации поступает в центр и выходит из него автоматически по линиям передачи данных, другая часть передается с помощью телетайпа (автоматическая буквопечатающая аппаратура) либо по проводному и радиотелефону. В общем связь оперативного центра со всеми источниками и потребителями информации осуществляется по 20 радиоканалам, 30 линиям передачи данных, 32 телефонным каналам и 12 специальным каналам управления. Протяженность внешних проводов, выходящих из центра, составляет около 50 000 *км*.

Информация, приходящая в центр по линиям передачи данных, поступает через приемник цифровых данных на входные устройства вычислительной машины и автоматически вводится в запоминающее устройство машины (рис. 6.4). Информация, поступающая по телефонным линиям связи и буквопечатающему телеграфу (телетайпу), операторами с помощью перфоратора переносится на перфокарты, которые затем вводятся в считывающее устройство для последующего считывания и ввода этой информации в машину. Эти операции по ручному вводу информации в машину выполняются группой операторов, расположенных в специальном помещении оперативного центра для ручного ввода данных (рис. 6.5). Отсутствие автоматизации ввода такой информации, как планы полетов своих самолетов и метеоданные, объяснялось в период разработки системы «Сейдж» либо сложностью технического осуществления, либо отсутствием большой необходимости. Однако в дальнейшем было признано, что при совершенствовании современных средств нападения в отношении скоростей такой ввод данных уже создает значительную задержку в поступлении информации и в настоящее время предполагается автоматизировать и этот участок. Совершенствуются также и автоматические линии передачи информации путем введения в действие новой системы передачи данных с временным делением, которая обеспечивает передачу большого объема информации по существующим линиям связи.

Достаточно полная схема сбора, прохождения и выдачи информации в оперативном центре сектора показана на рис. 6.3.

В соответствии с общими принципами построения системы «Сейдж» оперативный центр сектора должен выполнять следующие задачи:

— сбор всей информации о воздушной обстановке в секторе и состоянии подчиненных ему и обеспечивающих его (поддерживающих) боевых средств ПВО;

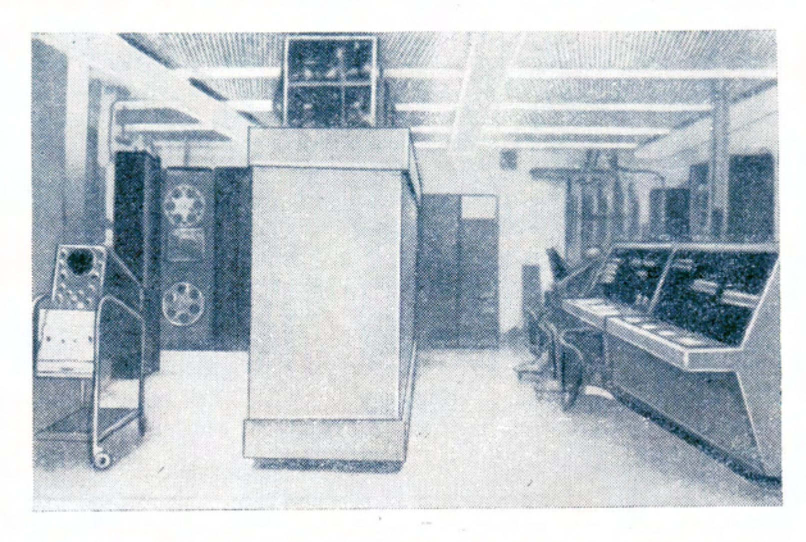


Рис. 6.4. Пост приема и автоматического ввода входных данных



Рис. 6.5. Пост ручного ввода данных

— фильтрация входной радиолокационной информации для отсеивания ложных сигналов путем уточнения и сопоставления данных от различных источников информации;

— опознавание принадлежности самолетов, не опознанных радиолокационной аппаратурой опознавания, путем сопоставления данных о курсах целей с планами полета своих самолетов и другими данными;

— контроль за входной информацией, отражающей состояние и боеготовность средств ПВО сектора;

— обработка всей поступающей информации в соответствии с заранее составленной программой;

— отображение воздушной и наземной обстановки в секторе на индикаторах операторов и большом экране командного пункта;

— выбор и распределение активных средств сектора для отражения налета самолетов противника;

— наведение и контроль за наведением активных средств перехвата на воздушные цели противника;

— обеспечение связи и обмена информацией с соседними и вышестоящими оперативными центрами;

— поддержание связи с центрами управления воздушным движением и органами гражданской обороны для взаимной информации и сотрудничества;

— обслуживание всего оборудования оперативного центра и контроль за его работой;

— тренировка и обучение боевого расчета оперативного центра.

Бо́льшая часть из этих задач выполняется автоматически вычислительной машиной оперативного центра. Функции, выполняемые машиной, детально перечислены в гл. 4, § 1. Остальные задачи решаются либо машиной при непосредственном участии операторов боевого расчета, либо только личным составом центра. К числу таких задач относятся: сбор и введение некоторой части информации в машину, контроль и фильтрация входной радиолокационной информации, уточнение и обобщение воздушной обстановки, опознавание принадлежности самолетов (не опознанных аппаратурой опознавания), контроль входной информации о состоянии боевых средств, тактический анализ боевой обстановки и выбор активных средств перехвата, наведение (в некоторых случаях) и контроль наведения средств перехвата и некоторые другие.

По расчетам иностранных специалистов, с момента поступления данных от радиолокатора дальнего обнаружения до принятия командиром решения о применении тех или иных средств поражения проходит минимум 60 *сек*. Сам процесс передачи приказа истребителям или ЗУРС также потребует около 45 *сек*. Эти цифры считаются оптимальными и могут быть достигнуты только в исключительно благоприятных условиях. На практике, по-видимому, на это потребуется в два или, может быть, в три раза больше времени.

Такая сравнительно невысокая степень автоматизации в системе «Сейдж» объясняется тем, что, по мнению американских специалистов, на данном этапе развития вычислительной техники

многие логические операции могут быстрее, проще и надежнее выполнять операторы, чем машина. Поэтому вычислительные машины используются в основном для обработки информации и подготовки рекомендаций командованию. Командование рассматривает эти рекомендации и на основе своего опыта с учетом дополнительных данных и соображений, не включенных в программу машины, принимает решение, которое затем вводится в машину для учета при дальнейшей обработке информации. Однако полагают, что продолжающийся прогресс в области автоматизации и рост скоростей средств нападения, требующий максимальной скорости и точности принятия решения, позволят в дальнейшем полностью автоматизировать многие функции, которые в настоящее время выполняются вручную или полуавтоматически, и учитывать многие факторы, которые до настоящего времени приходилось вносить лишь человеку.

Потенциальные возможности для более высокой степени автоматизации систем ПВО имеются. Например, в системе «Сейдж» задача распределения боевых средств ПВО по целям (целераспределение) выполняется частично вычислительной машиной, частично боевым расчетом оперативного центра. Недавно сообщалось, что в 1961 г. была разработана полностью автоматическая научно-исследовательская модель распределения боевых средств для системы «Сейдж», которая решает задачу оптимального распределения ограниченного количества боевых средств ПВО, обороняющих определенный район при отражении воздушного налета противника. В этой модели производится сравнение и расчет эффективности различных вариантов целераспределения. При определении эффективности каждого варианта целераспределения в модели принято четыре показателя эффективности: оценка результатов воздушного сражения, оценка ущерба, нанесенного обороняемым объектам, оценка схемы целераспределения и оценка ущерба, причиненного системе «Сейдж». До разработки этой модели в системе «Сейдж» подобных методов целераспределения не существовало.

Несмотря на необходимость и возможность более высокой степени автоматизации систем управления ПВО (другие системы ПВО, например 412L, в большей степени автоматизированы), считается, что для военной аппаратуры необходимо разумное сочетание автоматических операций с операциями, выполняемыми человеком.

Здание оперативного центра спроектировано таким образом, что каждая из основных задач, решаемых в этом центре, выполняется в отдельном оперативном помещении (боевом посту). Все оперативные помещения расположены на четвертом этаже здания (рис. 6.2). В печати упоминалось, что в оперативном центре сектора имеются следующие отдельные оперативные помещения: пост ручного ввода данных, пост контроля входных радиолокационных данных, пост обобщения и уточнения воздушной обстановки, пост

опознавания, пост распределения боевых средств и наведения, командный пункт, пост обслуживания вычислительной машины и программирования, пост тренировки и обучения и др.

По данным американской печати, для обслуживания оперативного центра требуется около 300 человек различных специальностей, из которых более 100 операторов боевого расчета. Техническое обслуживание производится специалистами фирм, разрабатывавших и строивших систему «Сейдж». Однако в 1961 г. ВВС США приняли программу («Блю сьютс»), по которой все обслуживание центра должно перейти к личному составу ВВС. Для подготовки обслуживающего персонала созданы специальные курсы при научно-исследовательских и учебных центрах ВВС. Первым на полное обслуживание личным составом ВВС перешел оперативный центр вашингтонского сектора, находящийся в форту Ли (26-й район ПВО).

Центр обеспечивает наблюдение и слежение одновременно за 300 различными целями в данном географическом районе и может в то же самое время управлять 100 перехватами в своем секторе.

Систему «Сейдж», и в частности ее радиолокационные станции и оперативные центры, в мирное время предполагается частично использовать для регулирования воздушного движения на линиях гражданской авиации. Разработанная специальная программа совместного использования системы «Сейдж» под названием «Сатин» начала осуществляться и уже позволила сэкономить значительные средства (см. гл. 11).

Для поддержания системы «Сейдж» и ее оперативных центров в постоянной боевой готовности командование ПВО ВВС проводит обширную учебно-боевую подготовку как в масштабе всей системы, когда в запланированных учениях для имитации налета используются полеты самолетов стратегической авиации, так и в масштабе оперативных центров по программе STP (System Training Project). Эта программа предусматривает отработку боевыми расчетами радиолокационных станций и оперативных центров навыков в обнаружении и сопровождении целей и способов их перехвата, для чего в машину вводится информация о воздушной и наземной обстановке, близкой к действительной, записанная на магнитных лентах. Запись производится в центре Санта-Моника (шт. Калифорния) для каждого сектора ПВО с учетом его специфических условий.

Оперативный центр каждого сектора поддерживает постоянную связь с оперативными центрами соседних секторов, вышестоящим оперативным центром района и через него с центральным командным пунктом боевого оперативного центра «Норад».

Всей работой оперативного центра руководит командир сектора и его штаб, размещающийся на командном пункте (рис. 6.6). На командном пункте установлен большой экран, на котором отображается общая воздушная обстановка внутри своего сектора и на прилегающих участках соседних секторов. Рабочие места на

командном пункте расположены полукругом. За сидениями боевого расчета штаба располагаются личные пульты боевого управления с индикаторами воздушной обстановки, на которых по желанию того или иного офицера может быть отражена любая частная ситуация для ее анализа.

Ответственным за боевые действия средств ПВО сектора является заместитель командира сектора по боевому управлению.

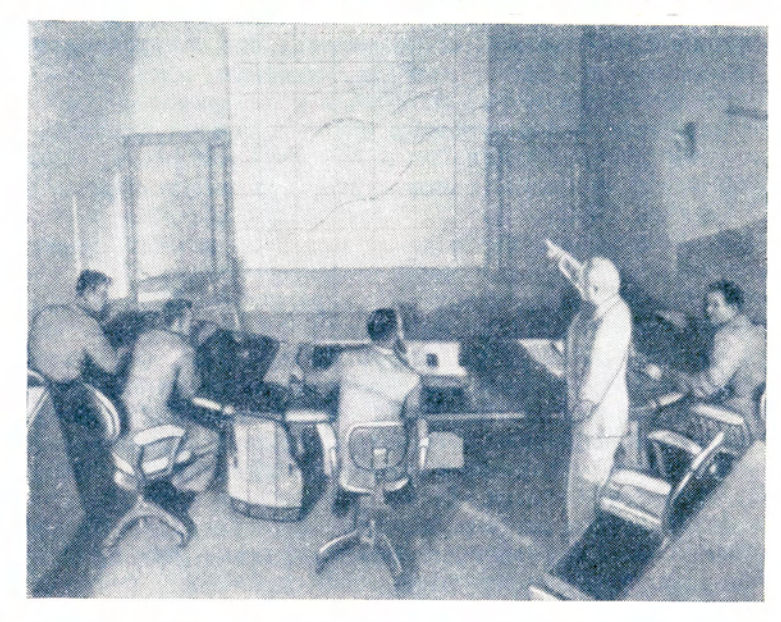


Рис. 6.6. Командный пункт оперативного центра (экспериментальный образец)

Сообщение о налете самолетов противника поступает в оперативный центр сначала по линии оповещения. По получении этого сообщения заместитель командира по боевому управлению ставит переключатель на своем пульте боевого управления в положение «Боевая работа». Все технические средства оперативного центра приводятся в боевую готовность и начинают нормально функционировать. В центре начинается боевая работа, как она описана ниже (см. § 2 и 3).

Функциональная схема работы оперативного центра показана на рис. 6.7.

§ 2. Обработка информации о воздушной обстановке

Информация о воздушной обстановке поступает в оперативный центр от радиолокационных станций дальнего обнаружения и маловысотных постов сектора, а в ряде случаев также и от радио-

Рис. 6.7. Функциональная схема работы оперативного центра сектора ПВО

локационных станций вынесенных постов наблюдения (наземных линий раннего предупреждения, кораблей, самолетов и дирижаблей радиолокационного дозора, «Техасских вышек»). Эта информация на радиолокационных станциях, оборудованных аппаратурой автоматического съема, проходит только первичную обработку, которая не обеспечивает полностью отсева ложных целей и случайных помех. На радиолокационных станциях нет возможности исключить ненужную информацию и ввести дополнительные данные о цели. Только в отдельных случаях (при несложной воздушной обстановке) операторы РЛС, обслуживающие аппаратуру, могут вводить в код сигнала о цели дополнительную информацию, в какой-то степени характеризующую эту цель. В связи с этим возникает необходимость контролировать и отфильтровывать входную радиолокационную информацию в оперативном центре и произвести полную и всестороннюю, так называемую вторичную обработку информации о воздушной обстановке, заключающуюся в уточнении и обобщении ее и в окончательном опознавании целей.

Контроль и фильтрация входной радиолокационной информации. Радиолокационная информация о целях, поступающая в оперативный центр в цифровом коде, состоит из двух следующих друг за другом с интервалом 10 *мксек* цифровых слов в параллельном коде. Первое слово состоит из 9 двоичных разрядов и содержит код номера РЛС (4 разряда) и коды дополнительных характеристик цели, в том числе и код типа цели (5 разрядов). Второе слово состоит из 22 двоичных разрядов и несет информацию об азимуте цели (12 разрядов) и дальности (10 разрядов).

Контроль и фильтрация входной информации о воздушной обстановке производятся операторами поста контроля входных радиолокационных данных с помощью специальной аппаратуры, состоящей из электронного цифро-аналогового вычислительного устройства и четырех пультов боевого управления с обычными индикаторами кругового обзора диаметром 16 дюймов (40 *см*). Электронное вычислительное устройство размещается в одном шкафу и состоит из двух отдельных частей: цифровой и аналоговой. В цифровую часть входят: дискриминатор слов, четыре входных регистра для хранения декодированного сообщения по частям, селектор РЛС и два селектора типа целей. Аналоговая часть состоит: из трех преобразователей «число — напряжение» (для дальности и составляющих азимута $\sin\beta$ и $\cos\beta$), трех развязывающих усилителей, двух синусно-косинусных аппроксиматоров, двух множительных схем, двух усилителей мощности и двух отклоняющих усилителей.

Устройство с помощью логических схем расчленяет поступившее сообщение на части и направляет их по соответствующим каналам для дальнейшей обработки. Последующая обработка заключается в расшифровке кодов номера РЛС и типа цели и преобразовании кодов дальности и азимута цели в соответствующие им отклоняющие напряжения, которые могут быть поданы на электроннолучевую трубку индикатора.

На пульте оператора имеется клавиатура кнопочного управления, с помощью которой оператор может набрать коды номеров РЛС, информацию от которых он хочет просмотреть, и коды типов целей, в наличии или отсутствии которых он хотел бы убедиться. Набранные оператором на клавиатуре пульта коды номера РЛС и типа цели передаются в цифровую часть устройства, где они сравниваются с кодами первых слов каждого из сообщений, поступающих в оперативный центр. При совпадении кодов информация о координатах выбранных целей поступает на индикатор оператора для отображения.

Аппаратура контроля и фильтрации позволяет вызвать на экран индикатора для просмотра всю входную информацию о воздушной обстановке от любой радиолокационной станции сектора (аппаратура рассчитана на 15 РЛС). Кроме того, аппаратура позволяет различить и выдать на отображение 14 типов радиолокационных целей или объектов (таких, как: земля, корабль, облака, стая птиц, военный самолет противника, самолет гражданской авиации, ракета и т. д.). Наличие селектора типа цели дает возможность оператору определить, какие типы целей содержатся во входной радиолокационной информации, и произвести отсев ненужных сигналов.

В аппаратуре предусмотрено два режима работы: просмотр на индикаторе одного любого типа цели и просмотр всех типов целей одновременно. При просмотре только одного определенного типа цели оператор при необходимости может осуществлять автоматический ввод этих целей в основную вычислительную машину оперативного центра. Во втором случае оператор из наличия всевозможных сигналов может с помощью фотопистолета выбирать и вводить в машину только цели, представляющие интерес для ПВО (самолеты противника, свои истребители, ЗУРС и неопознанные цели), а явно ложные отфильтровывать. Отселектированная информация автоматически поступает на буферную память на барабанах вычислительной машины.

В обязанность каждого оператора контроля входных радиолокационных данных входит: вести наблюдение за воздушной радиолокационной обстановкой на заданном ему участке и контролировать работу аппаратуры, поскольку считается, что машина не всегда может правильно определить характер сигналов в информации, поступающей в оперативный центр от радиолокационных станций.

Уточнение и обобщение воздушной обстановки. Эта задача выполняется большим количеством операторов уточнения и обобщения воздушной обстановки в боевом посту того же названия (рис. 6.8). У каждого оператора имеется пульт боевого управления с характронным индикатором. Из своего поста операторы ру-

6*

ководят всеми средствами обнаружения воздушных целей и при необходимости для уточнения обстановки связываются с радиолокационными станциями своего сектора и с соседними оперативными центрами.

Обработка отфильтрованной радиолокационной информации, которая еще может содержать ложные цели, начинается в вычислительной машине с преобразования полярных координат целей в прямоугольную систему координат, привязанную к данному оперативному центру.

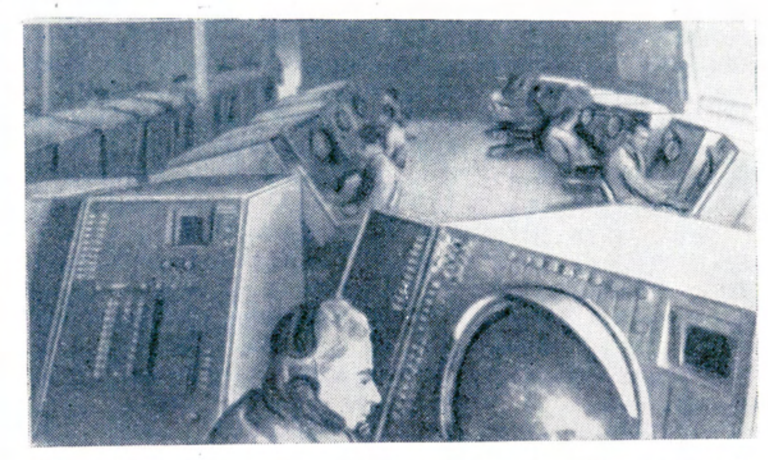


Рис. 6.8. Операторы поста уточнения и обобщения воздушной обстановки

После преобразования координат (рис. 6.9) вновь поступившие данные о целях сравниваются с ранее поступившими данными и экстраполированными на момент получения новых данных. Машина по характеру траектории, величине скорости и ряду других признаков определяет совпадение или несовпадение данных. Если новые и экстраполированные данные о цели совпали в определенных допустимых пределах, то вычислительная машина, прокладывая курс этой цели, сглаживает его в соответствии с новыми данными и экстраполирует этот курс к следующему моменту поступления данных (периоду обзора РЛС). Этот курс поступает в запоминающее устройство экстраполированных курсов и на индикаторы операторов для отображения.

Если данные не совпали, новая отметка фиксируется как возможно новая цель, данные о ней поступают в устройство запоминания данных о всех неопознанных целях, а машина посылает оператору сигнал в виде особой отметки на экране о несоответствии характеристик или наличии возможной ошибки. По желанию оператора дальнейшая обработка данных может вестись автоматически или вручную.

При автоматической обработке вновь поступившие данные о цели сравниваются с ранее поступившими данными о неизвестных целях, хранящимися в запоминающем устройстве машины. Если данные на этот раз совпадают, вычислительная машина вводит их в запоминающее устройство как новую цель, присваивает ей номер и переводит ее на автосопровождение. После этого она высвечивается на экранах индикаторов в посту уточнения и обоб-

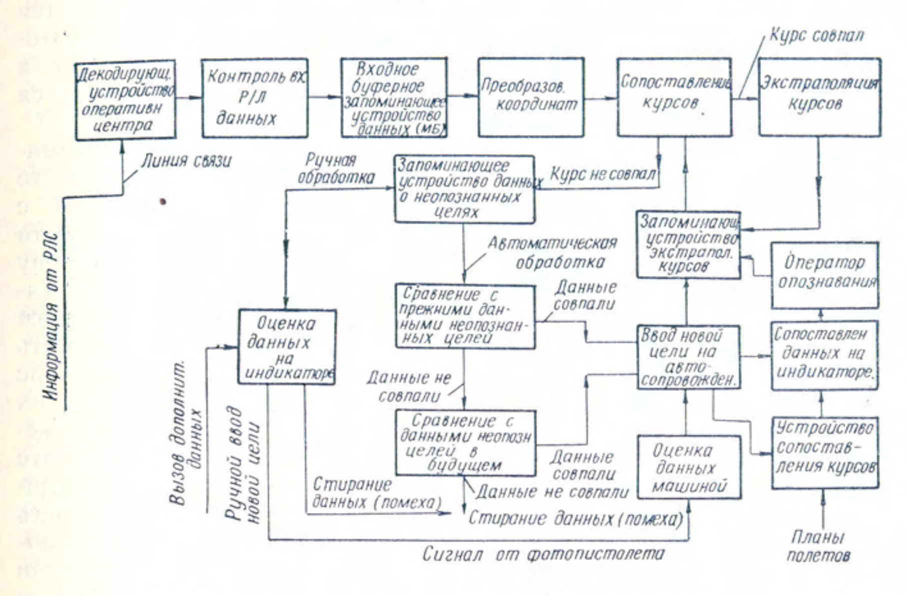


Рис. 6.9. Схема обработки радиолокационной информации в оперативном центре системы «Сейдж»

щения воздушной обстановки как новая цель. В это время машина о ней будет иметь, например, следующую информацию:

номер цели — В207,
скорость — 870 *км/ч*,
курс — 285,
высота — неизвестна,
состав цели — неизвестен,
принадлежность — не опознана.

Такая цель пользуется правом приоритета в отношении очередности измерения высоты, и машина немедленно посылает сигнал запроса о высоте и других характеристиках одному из высотомеров сектора. Полученный ответ содержит следующую информацию:

номер цели — В207,
высота — 13 *км*,
состав цели — 1.

Для этой цели машина начинает прокладку курса и подбирает все необходимые данные для оператора опознавания.

Если же данные и на этот раз не совпадают, вычислительная машина будет хранить эти данные в запоминающем устройстве в течение нескольких периодов обзора (обычно двух) для возможности производить сравнение в дальнейшем. Если данные за это время начали отличаться на некоторую величину по дальности и по времени локации, то вновь обнаруженная отметка считается новой целью, ей присваивается номер и она переводится на автосопровождение. Если же данные и в дальнейшем не совпадут и никакая закономерность не обнаруживается, сигнал принимается за шум и стирается из памяти машины.

При ручном методе обработки вся радиолокационная информация о целях рассматривается на индикаторе. Для всестороннего анализа отображаемой на индикаторе информации оператор с помощью клавиатуры кнопочного управления или фотопистолета может затребовать из вычислительной машины или по телефону от различных радиолокационных станций (обнаружения или высотомера) дополнительную информацию о высоте, скорости, курсе и других характеристиках сомнительной цели, а также вызвать информацию о планах полетов, с которыми, по его мнению, курс данной цели может быть сопоставлен. Затребованная информация через несколько секунд отображается на тайпотроне пульта оператора. Задача оператора сводится к тому, чтобы в результате сопоставления данных и анализа наблюдаемой картины воздушной обстановки квалифицировать этот сигнал как шум и стереть из памяти машины или же принять его за новую цель и с помощью фотопистолета, направляемого на изображение этой цели на экране индикатора, ввести координаты ее в запоминающее устройство вычислительной машины. Машина еще раз оценивает эти данные и, если воспринимает этот сигнал как новую цель, присваивает ей номер, берет на сопровождение и начинает вести прокладку курса.

Весь процесс ручной обработки и оценки данных машиной занимает всего несколько секунд. Этот метод применяется в том случае, когда из-за наличия большого количества шумов и других помех определить характер сигнала затруднительно.

Кроме подобного рода уточнения воздушной обстановки, операторы этого боевого поста производят и ее обобщение. В случае когда одна и та же цель сопровождается одновременно несколькими радиолокационными станциями, из-за возможных погрешностей каждой из них в оперативный центр может поступить фактически несколько отметок. В соответствии с программой машина сама производит анализ и обобщение таких отметок в одну цель, если расхождение в координатах этих отметок было в допустимых пределах. В противном случае таким обобщением занимаются операторы. Благодаря такой операции при дальнейшей

обработке информации исключается возможность принятия одной цели за несколько.

Кроме того, при сложной воздушной обстановке для облегчения в дальнейшем процессов обработки информации и особенно целераспределения как машина, так и операторы могут несколько однородных целей, летящих общим строем, объединить в одну укрупненную цель и в ее формуляр, в ячейку состава цели ввести цифру, показывающую действительное количество одиночных целей в этой групповой цели. Такие операции значительно облегчают режим работы вычислительной машины при напряженной ситуации.

После уточнения и обобщения воздушной обстановки вся информация о целях поступает к операторам опознавания.

В еще более обобщенном виде информация о воздушной обстановке в секторе передается автоматически машиной на вышестоящий командный пункт.

Опознавание целей. Опознавание своих военных самолетов, оборудованных радиолокационной аппаратурой опознавания «свой — чужой» (МкХ), не представляет затруднений. На экранах индикаторов воздушной обстановки рядом с отметками таких самолетов появляется либо крестик (на отдельных индикаторах), либо в формуляре этой цели в ячейке «принадлежность» высвечивается буква «F». Но многие свои самолеты не оборудованы аппаратурой опознавания и их опознавание производится в процессе обработки информации в оперативном центре машиной и операторами опознавания, размещающимися в специальном посту опознавания.

При появлении на экране индикатора оператора опознавания новой неопознанной цели (отметка без крестика) на его пульте звучит зуммер и зажигается красная лампочка. Выключив зуммер, оператор посылает вычислительной машине команду сравнить данные этой цели с планами полетов, введенными в машину с помощью перфокарт. План полета содержит данные о курсе, скорости, высоте полета и предполагаемом времени прибытия самолета в определенные пункты.

Данные о неопознанных целях поступают на устройство сопоставления курсов, где они сопоставляются с известными курсами полета своих самолетов. Оператор наблюдает обстановку на экране индикатора и контролирует работу устройства сопоставления курсов.

Если машина обнаруживает совпадение курсов, она квалифицирует цель как свою и отмечает ее признаком опознавания «свой» (крестик или буква «F» в формуляре). При затруднениях в работе машины оператор опознавания с помощью клавиатуры кнопок или фотопистолета вызывает на свой тайпотрон данные о цели и данные о наиболее подходящем плане полета. На тайпотроне высвечивается два ряда букв и цифр. В одном ряду представлены курс, скорость и высота исследуемой цели, в другом —

аналогичные данные своего самолета по плану полета. Оператор должен проанализировать данные, поскольку они могут отличаться вследствие того, что самолет часто может отклоняться от заявленного плана полета: лететь с опережением или опозданием по времени или сбиться с курса.

Если данные исследуемой цели намного отличаются от данных запланированного полета или если эта цель ведет боевые действия, оператор считает ее вражеской и, нажимая соответствующую кнопку, вводит признак опознавания «чужой» (буква «Н» в формуляре), который отображается на экранах всех индикаторов оперативного центра, и этим самым дает команду машине передать цель и всю информацию о ней на экраны операторов выбора и распределения боевых средств.

Если опознанная вражеская цель находится вблизи границы с другим сектором и летит в его сторону, то вычислительная машина данного сектора в порядке взаимодействия посылает вычислительной машине соседнего сектора предупреждающий сигнал о возможной передаче цели и автоматически передает всю информацию об этой цели. В момент пересечения целью границы осуществляется передача этой цели на сопровождение ее машиной принимающего сектора по данным своих радиолокационных станций, которым до этого машина выдавала предварительное целеуказание по данным машины соседнего сектора. После приема цели одна машина уведомляет другую о состоявшейся передаче этой цели.

Если цель не будет опознана в течение одной минуты, оператор опознавания с помощью фотопистолета или кнопочного переключателя на пульте управления отмечает ее как «неопознанную», что для машины равнозначно «чужой» цели, и машина эту цель и всю информацию о ней передает операторам выбора и распределения боевых средств.

§ 3. Управление боевыми средствами ПВО

Вся информация о целях противника, а также о целях, классифицированных как «неопознанные», поступает на индикаторы операторов поста распределения боевых средств и наведения. Вся ответственность за своевременную организацию воздействия по этим целям теперь возлагается на операторов этого поста.

В посту располагаются у своих пультов боевого управления четыре группы операторов, каждая из которых состоит из одного оператора выбора боевых средств и пяти операторов наведения. В центре поста на возвышении находится место старшего оператора по выбору и распределению боевых средств, являющегося одновременно командиром поста. Таким образом, в посту находится 20 операторов наведения, четыре оператора выбора боевых средств и один старший оператор. В помощь каждому оператору выделен техник. Старший оператор по выбору и распределению

боевых средств следит за распределением целей между отдельными операторами и осуществляет общий контроль. Операторы выбора боевых средств отвечают за быстрое и наиболее рациональное распределение активных средств по целям. Операторы наведения осуществляют непосредственное наведение назначенных активных средств на цели или контролируют наведение, если оно осуществляется автоматически. Каждый оператор наведения может обеспечить наведение одновременно на пять целей противника, а оперативный центр в целом — одновременно до 100 наведений.

Распределение и выбор боевых средств. После того как определена принадлежность цели, машина начинает производить распределение боевых средств по целям противника, а также по неопознанным целям и целям, требующим дополнительного огневого воздействия. Одновременно машина выдает эти цели для отображения на индикаторы операторов выбора боевых средств. Распределение целей между операторами производится машиной с учетом места нахождения целей и их положения относительно активных средств сектора. Кроме данных о целях, выраженных векторной стрелкой (направление стрелки показывает курс, длина — скорость цели) и формуляром цели, на экране этих индикаторов отображаются границы сектора, расположение аэродромов, позиции ЗУРС и другие данные.

Для назначения оружия на каждую цель машина анализирует состояние всех активных средств сектора. В первую очередь обычно проверяется готовность эскадрилий истребителей. Анализ соответствующей таблицы данных сразу показывает, какое количество истребителей готово к взлету и через какое время (например, через пять минут) и какие типы ракет класса «воздух — воздух» применяются в этот день.

После этого в зависимости от характеристик конкретной цели противника (вооружения, скорости и высоты полета) выбираются метод наведения и его тактические параметры. Затем машина определяет положение точки перехвата и время, необходимое истребителю для достижения этой точки. Наконец, машина рассчитывает количество горючего, необходимого для выполнения боевой задачи с учетом всех этапов: набора заданной высоты и скорости, сближения с целью, перехвата и возвращения на базу. Сравнивая это количество горючего с наличным запасом, машина определяет соответствие радиуса действия истребителей дальности до цели. При положительном результате данная эскадрилья фиксируется как одно из возможных средств перехвата с указанием времени, необходимого для осуществления перехвата.

Аналогичные расчеты производятся и для других эскадрилий истребителей, а также для подразделений беспилотных перехватчиков «Бомарк» и ЗУРС «Найк».

Сравнивая результаты расчетов, машина в качестве возможных вариантов решений выбирает активные средства с минималь-

ным временем, необходимым для перехвата. Далее машина определяет, кому из четырех операторов выбора боевых средств передать данную цель и варианты решений для нее. Выбранному оператору посылается предупреждающий сигнал.

На индикаторе оператора выбора боевых средств отображается определенная картина тактической обстановки, на которой изображены выработанные машиной варианты решений (рис. 6.10). На

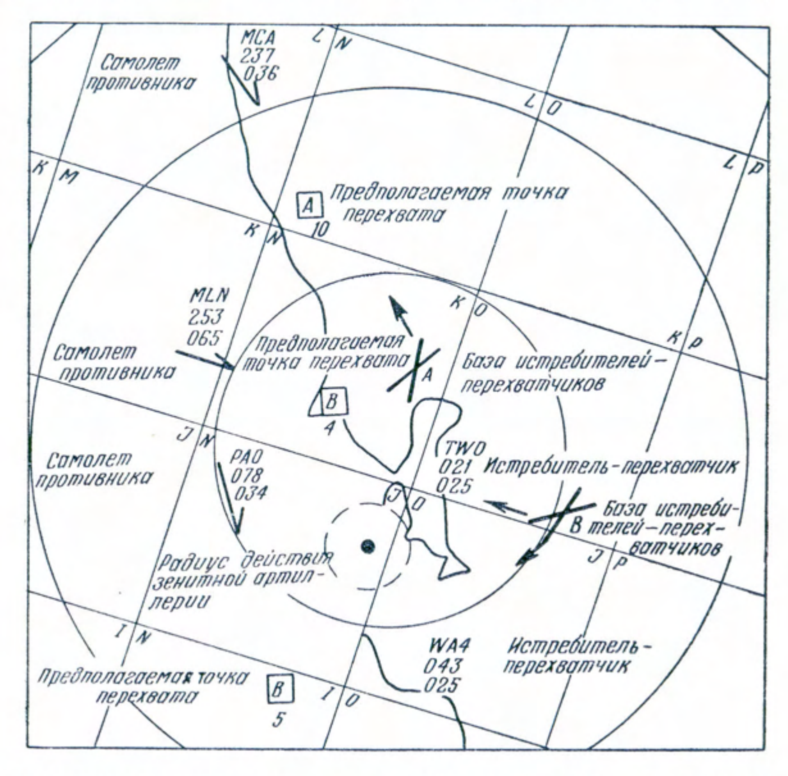


Рис. 6.10. Варианты решений вычислительной машины на экране индикатора оператора выбора боевых средств

экране можно видеть, с каких аэродромов (*A* или *B*) и для перехвата каких целей следует поднять истребители-перехватчики для скорейшего уничтожения противника. При этом на экране показываются расчетные точки перехвата, обведенные квадратом, внутри которого заключена буква (*A* или *B*), указывающая на аэродром, с которого вылетают истребители в эту точку перехвата. Цифры под квадратом (10, 5 или 4) показывают время в минутах, необходимое для осуществления перехвата. Стрелки, отходящие от крестиков, обозначающих расположение аэродромов, показывают необходимое направление взлета истребителей.

Аналогичным образом могут быть представлены варианты решений с использованием беспилотных перехватчиков «Бомарк» и других активных средств. На все вычисления, связанные с оценкой различных активных средств и расчетом вариантов решений, машина затрачивает 0,05 *сек*.

Имея перед собой такую картину с рассчитанными машиной вариантами перехвата целей, оператор принимает решение о выборе тех или иных средств перехвата. При этом он может согласиться с одним из вариантов, предложенных машиной, или его частично изменить или же предложить свой собственный вариант. Например, может сложиться такая ситуация, когда перехват истребителями не может быть закончен до вхождения их в зону действия батарей ЗУРС или зенитной артиллерии. Тогда оператор принимает решение не применять истребителей, а поражать цель другими средствами. Свое решение оператор выбора боевых средств вводит в машину путем нажатия соответствующей кнопки средств на своем пульте боевого управления. После выбора боевых средств ведение операции по уничтожению цели противника возлагается на операторов наведения.

Управление боевыми средствами перехвата. Как только решение о выборе активного средства сообщено машине, она немедленно по соответствующей линии связи передает на аэродром (если выбраны истребители), на КП дивизиона ЗУРС «Бомарк» (если выбраны беспилотные перехватчики) или на КП системы «Мисcайл Мастер» (если выбраны ЗУРС «Найк») сигнал о взлете истребителей или пуске снарядов. После того как выбранное средство окажется в воздухе, с места взлета истребителя или старта снаряда в вычислительную машину оперативного центра приходит подтверждающий сигнал. После обнаружения взлетевшего истребителя или запущенной ракеты радиолокационными средствами сектора они берутся вычислительной машиной на автосопровождение и им присваиваются условные номера своих целей. Машина начинает решать задачу наведения. После этого машина выбирает оператора наведения, ответственного за данную операцию перехвата, и посылает ему предупреждающий световой и звуковой сигнал.

На экране индикатора выбранного машиной оператора наведения в виде условных обозначений отображается вся необходимая информация об операции, и в частности положение цели, перехватчика и расчетной точки перехвата. Если одновременно осуществляется несколько наведений, то по желанию оператора для того, чтобы сосредоточить внимание на соответствующем участке боевой обстановки, любая часть изображения на экране индикатора может быть увеличена или выделена. Во время осуществления перехвата вычислительная машина непрерывно вычисляет необходимые данные для управления выбранными активными средствами, а при изменении условий перехвата корректирует их.

Если в процессе наведения самолет противника предпримет маневр, вычислительная машина немедленно учтет это, определит новый курс перехвата и передаст его на борт перехватчика в виде соответствующих команд. Такие расчеты машина выполняет за 0,02 *сек*.

Если наведение осуществлялось на групповую цель и группа самолетов расчленилась, то задачи целераспределения и наведения должны решаться заново (так как потребуется дополнительное огневое воздействие) и в этом случае необходимо будет вмешательство операторов.

В любом случае операторы наведения контролируют процесс наведения, наблюдая за траекториями полета самолетов противника и своих перехватчиков и за всеми командами, поступающими из машины.

Если перехват цели противника осуществляется с помощью истребителя-перехватчика, машина, решая задачу наведения с учетом различных факторов, в том числе и метеоусловий, вырабатывает такой курс сближения с целью, чтобы обеспечить наилучшие условия перехвата. На основе этих расчетных данных формируются команды наведения, которые передаются на борт перехватчика. Передача команд наведения на истребитель может производиться по-разному: либо оператором наведения экипажу истребителя по радиотелефону, либо автоматически по линии передачи данных непосредственно на панель управления (приборную доску) самолета.

Если на истребителе автопилота нет или он не используется, для облегчения работы оператора наведения передача команд наведения может быть осуществлена полуавтоматически с помощью специальной аппаратуры. В этом случае используется приставка-датчик к электронно-вычислительной машине, позволяющая автоматически преобразовывать выработанные машиной команды в двоичном коде в телефонные речевые сигналы, которые летчик принимает по радиотелефону.

При автоматической передаче данных машина кодирует команды наведения, а затем, исходя из взаимного расположения истребителя-перехватчика и наземных станций передачи команд (СПК) данного сектора, выбирает ту СПК, от которой бортовой приемник может получить наиболее интенсивный сигнал. После этого машина соединяет код адреса выбранной СПК, код адреса истребителя и код команды наведения в одно сообщение и по соответствующей линии связи передает его на выбранную СПК, где оно излучается в эфир. Перехватчик принимает команду и в соответствии с ней корректирует свой курс.

При наличии автопилота может быть осуществлено автоматическое наведение истребителя до того момента, когда цель окажется в зоне действия бортовой РЛС наведения и управления огнем истребителя. С этого момента прием команд на борт истребителя прекращается, он самостоятельно выводится на цель и атакует цель своим оружием (пушками, ракетами или управляемыми снарядами).

Окончание атаки определяется по докладу пилота или исчезновению отметки цели противника на экране индикатора. По окончании операции по перехвату оператор наведения переводит переключатель на пульте управления с положения «Перехват» в положение «Возвращение на базу» и машина начинает вырабатывать оптимальный курс возвращения истребителя на аэродром посадки. Эти данные передаются на истребитель либо оператором по радио, либо автоматически.

Если для перехвата самолета противника выбран беспилотный перехватчик «Бомарк», то его наведение осуществляется почти так же, как и истребителя-перехватчика, оборудованного автопилотом. Здесь так же, как и в предыдущем случае, после запуска снаряда решается задача наведения и вся информация о данной операции (отметки цели и снаряда с их характеристиками и точка перехвата) поступает на индикатор выбранного машиной оператора наведения, который контролирует весь процесс перехвата. Основное различие заключается в том, что в этом случае требуется более полный учет различных исходных данных (местоположение, направление полета, высота и скорость цели, местоположение, высота и скорость снаряда, а также скорость ветра на разных высотах) и более точный расчет выходных данных, к которым относятся:

— курс снаряда при сближении,
— курс снаряда при атаке,
— время сближения,
— ориентация головки самонаведения по азимуту и тангажу,
— координаты точки перехвата.

Все эти данные кодируются и включаются в команду наведения. При изменении условий перехвата машина корректирует команду наведения. Затем машина аналогичным образом выбирает соответствующую станцию СПК для передачи команд на снаряд.

После завершения этапа сближения на расстоянии нескольких километров от цели включается система самонаведения в режим поиска цели и снаряд переходит на курс атаки. В этот момент снаряд обычно находится на несколько сот метров выше цели. После захвата цели головкой самонаведения снаряд перестает реагировать на передаваемые ему команды наведения, пикирует на цель, а через некоторое время его боевая часть взрывается. Прекращение отраженных радиолокационных сигналов от цели и сигналов активного ответа от снаряда свидетельствует о том, что перехват состоялся и задача выполнена. По сигналу машины оператор обобщения и уточнения воздушной обстановки поворотом переключателя стирает из памяти машины всю информацию об уничтоженной цели и снаряде.

Если при осуществлении наведения точка перехвата цели попадает в пределы соседнего сектора, производится передача наве-

дения в этот сектор. Вычислительная машина в этом случае вырабатывает и выдает на индикаторы специальные сигналы, предупреждающие операторов наведения о предстоящей передаче цели. Одновременно на вычислительную машину соседнего сектора посылается сообщение о передаваемой цели и о наводимом на нее снаряде. Получив это сообщение, машина соседнего сектора принимает указанную цель на сопровождение по данным своих РЛС и уведомляет передающий сектор о том, что передача цели завершена. Снаряд же еще продолжает оставаться в пределах прежнего сектора и наводится по командам его машины.

Когда снаряд достигает границы сектора, машина передающего сектора посылает машине принимающего сектора сообщение, содержащее координаты (в частности, высоту, курс, скорость) и другие тактические параметры снаряда, а также данные об оставшемся количестве топлива на борту. Машина принимающего сектора выбирает оператора наведения, который должен будет завершить контроль оставшейся части процесса перехвата. Передающий сектор посылает последнюю команду на борт снаряда, в соответствии с которой его приемник перестраивается на частоту СПК принимающего сектора. После этого данные по переданным цели и снаряду стираются из памяти машины передающего сектора и исчезают с индикаторов его оперативного центра. Теперь полная ответственность за наведение лежит на новом секторе.

Если для перехвата цели противника выбор пал на зенитные управляемые снаряды типа «Найк», то вычислительная машина оперативного центра системы «Сейдж» посылает сигнал целеуказания на КП системы «Миссайл Мастер», по которому вычислительная машина этой системы сама решает задачу целераспределения и наведения своих снарядов на указанную цель. Вычислительная машина системы «Сейдж» непосредственно наводить ЗУРС типа «Найк» не может.

Глава 7

ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ «СЕЙДЖ»

§ 1. Используемые линии связи и их общая характеристика

В автоматизированной системе ПВО линиям передачи данных отводится очень важная роль. Объем передаваемой входной и выходной информации настолько велик, что для ее передачи необходима обширная сеть линий связи. Указывалось, что только в одном секторе ПВО для связи между оперативным центром наведения и всеми источниками и потребителями информации требуемое число линий достигает 600. Вторым важным фактором является скорость передачи данных. Быстрое изменение воздушной обстановки требует передачи данных в реальном масштабе времени. Большой объем информации и необходимость передачи его с большой скоростью накладывают жесткие требования на пропускную способность используемых линий связи.

Важность передаваемой информации для конечного результата работы системы ПВО предъявляет к применяемым линиям связи высокие требования по помехоустойчивости и надежности передачи данных, по живучести и боевой устойчивости. При обширной сети линий связи серьезное значение приобретают вопросы стоимости, стандартизации и универсальности линий (возможности использования линий для передачи информации различного назначения).

Как уже указывалось, информация, которую необходимо передавать по линиям связи в автоматизированной системе ПВО типа «Сейдж», по своему характеру или назначению разделяется на следующие основные категории: радиолокационная информация о воздушной обстановке, информация о состоянии и боеготовности боевых средств, распоряжения и донесения по инстанциям, команды управления и наведения активных средств.

Каждый вид передаваемой информации имеет свои характерные особенности и отличается по объему, важности, способу и скорости передачи и другим показателям. Для передачи каждого вида информации могут быть использованы различные типы линий связи.

По характеру сигнала информация делится на два основных вида: некодированную (речевую) и кодированную (дискретную или цифровую). В зависимости от этого она может передаваться по различным линиям связи, которые по степени автоматизации передачи могут быть телефонными и телетайпными линиями или линиями автоматической передачи данных.

Все из указанных линий по физическим и конструктивным характеристикам можно разделить на проводные и радиолинии. Проводные в свою очередь делятся на воздушные и кабельные, а радиолинии в зависимости от характера канала могут быть прямыми и релейными (те и другие могут использовать явление тропосферного рассеяния, а по диапазону разделяться на сантиметровые, дециметровые и УКВ).

Для передачи радиолокационных данных можно было бы использовать широкополосные микроволновые радиолинии. Однако такая система, помимо ее большой стоимости, была бы совершенно неэффективной ввиду того, что машины по обработке данных имеют дело только с информацией дискретного характера, создаваемой РЛС от обзора к обзору. Эту информацию можно передать в полосе частот примерно в 1000 раз более узкой, чем ширина полосы, необходимая для выходного сигнала радиолокационного приемника. Следовательно, для передачи цифровой информации по телефонным линиям необходимо было создать систему, способную квантовать и хранить данные, полученные РЛС, а также аппаратуру связи с пропускной способностью (скоростью передачи) не меньше средней скорости получения информации. Поэтому информация, которая должна быть передана по каналу связи в единицу времени, предварительно обрабатывается с таким расчетом, чтобы ее количество не превышало определенных величин.

В экспериментальной системе ПВО «Кейп Код», в которой радиолокационная информация обрабатывалась с помощью аппаратуры SDV (машина AN/FST-1), для передачи данных использовались обычные телефонные линии. Ввиду того что в системе SDV обработка и передача данных производилась в реальном масштабе времени, скорость передачи определялась скоростью сканирования РЛС и была принята равной 1600 *дв. ед./сек.*

Применявшиеся в то время телефонные линии, несмотря на большой уровень шумов, оказались пригодными для работы с радиолокаторами небольшой дальности действия. При использовании радиолокаторов дальнего действия сразу обнаружились недостатки как аппаратуры обработки данных, так и линий передачи данных. Когда в системе «Сейдж» стали применяться РЛС дальнего действия, для обработки данных, как уже указывалось, была разработана система FGD (машина AN/FST-2), которая более полную информацию о целях вместе со временем наблюдения хранит в запоминающем устройстве в двоичном коде. Кроме обработки сигналов поисковых радиолокаторов, эта машина обрабатывала и

хранила информацию от аппаратуры опознавания и высотомеров.

Для передачи такого объема цифровой информации в оперативный центр потребовались линии связи более высокого класса. Телефонные же линии, использовавшиеся при испытаниях системы «Кейп Код», оказались непригодными по следующим причинам:

— скорость передачи данных по этим линиям значительно ограничивалась амплитудными и фазовыми искажениями;

— в линиях наблюдались импульсные помехи, которые не имели существенного значения при передаче речи, но вызывали значительные искажения при передаче цифровой информации;

— трассы арендуемых линий могли произвольно переноситься телефонными компаниями, а сами линии заменяться, что хотя и не ухудшает условий для передачи данных, но оставляет некоторую неопределенность в обслуживании.

Испытания показали, что обычные телефонные линии не пригодны для передачи информации в системе «Сейдж», так как средняя погрешность при передаче по таким каналам лежит в пределах 0,38—24,4 ошибки на 100 000 двоичных единиц переданной информации. Для того чтобы сделать их пригодными, было необходимо:

— улучшить выравнивание частотных характеристик затухания и запаздывания;

— уменьшить фазовые искажения;

— ограничить уровень шумов;

— улучшить стабильность передачи.

Таким образом, испытания системы «Кейп Код» показали необходимость создания новой системы передачи данных, охватывающей территорию всей страны и требующей решения совершенно новых задач в общегосударственной системе связи.

Вследствие чрезвычайно большой территориальной разобщенности элементов системы «Сейдж» и значительного количества необходимых для ее работы линий передачи данных в США была поставлена задача максимального использования существующей сети телефонных линий и уменьшения до возможного минимума количества специальных требований, предъявляемых к линиям передачи.

Хотя выполнение этих требований было довольно трудным, однако оно вполне оправдано, так как давало значительные экономические выгоды.

Специально усовершенствованные линии дают 0,001—0,15 ошибки на 100 000 двоичных единиц переданной информации в системе «Сейдж».

Для передачи входной и выходной цифровой информации любого назначения требуются системы с пропускной способностью, по крайней мере соответствующей средней скорости генерирования (выработки) информации. Переход от скорости генерирования

к средней скорости передачи осуществляется с помощью накопительного и кодирующего устройств, преобразующих информацию в форму, пригодную для передачи по каналам связи.

Что касается ошибок при передаче данных, то они, как показали исследования, обусловлены главным образом действием импульсных помех, выбросы которых часто соизмеримы или превышают уровень передачи. Ввиду этого для уменьшения ошибки передачи основное внимание должно быть направлено на уменьшение уровня импульсных помех. Число импульсных выбросов с уровнем, равным или превосходящим 18 *дб* по отношению к уровню хронирующего сигнала, не должно превосходить одного в минуту. При скорости передачи данных 1300 *дв. ед./сек* это соответствует примерно искажению одной двоичной единицы (одного импульса) на 100 000 переданных или вероятности сбоя 10^{-5}. Однако эта цифра, как показали исследования, является весьма приближенной.

Важное значение при оценке качества системы передачи приобретает возможность обнаружения ошибок на приемном конце до ввода данных в вычислительную машину. При своевременном обнаружении ошибки происходит в основном только потеря части сообщения. Следовательно, очень важно и практически необходимо включать устройства обнаружения ошибок в состав аппаратуры передачи и обработки данных. Из таких устройств можно упомянуть детектор неисправностей для мгновенного переключения с одной линии на другую при всяких нарушениях работы первой линии и контролер четности, обнаруживающий потерю или добавление отдельных импульсов сообщения, что также указывает на неисправность канала.

При сопоставлении всех требований к системе «Сейдж» оказалось, что наиболее приемлемой для целей общего применения является скорость передачи, равная 1300 *дв. ед./сек*, за исключением случаев передачи данных от РЛС с машиной съема типа AN/FST-1. Используя один или два таких канала, можно удовлетворить всем требованиям системы «Сейдж», включая передачу данных от РЛС дальнего действия, использующих машины съема типа AN/FST-2. Несколько пониженная скорость передачи (по сравнению со скоростью 1600 *дв. ед./сек*) легче согласуется с шириной полосы телефонного канала и предъявляет менее жесткие требования при выравнивании фазовой задержки. Кроме того, меньшая скорость передачи дает некоторые дополнительные возможности снижения числа ошибок.

Для передачи цифровой информации в системе «Сейдж» воздушные проводные линии связи могут быть применены в том случае, если уровень шумов в паре линий будет ниже уровня стартового сигнала не менее чем на 40 *дб*. Число шумовых импульсов, превышающих уровень 19 *дб* относительно уровня стартового сигнала, не должно быть больше одного импульса в минуту.

Многие кабельные пары, пригодные для междугородной связи, могут оказаться непригодными для передачи данных в системе «Сейдж» вследствие большого уровня импульсных помех. Хорошо рассчитанные и установленные для целей междугородной связи кабели, не имеющие ответвлений на всем своем протяжении, обычно подходят для использования в системе «Сейдж». При этом нагруженный кабель требует существенного выравнивания частотно-фазовых характеристик. По этой причине длина кабеля некоторых типов не должна превышать 320 *км* в любых звеньях системы «Сейдж».

Радиолинии сантиметрового диапазона оказались весьма пригодными для передачи данных в системе «Сейдж». Они обладают малыми импульсными помехами. Получение высоких технических характеристик радиотелефонных каналов сопряжено с большими начальными затратами, однако они быстро окупаются легкостью обслуживания и малыми эксплуатационными расходами.

Радиолинии обладают существенным недостатком — на частотах выше 1000 *Мгц* сигналы часто замирают (фединги). Применяемый в больших многоканальных радиолиниях разнос по частоте частично устраняет этот недостаток. Возникающие иногда глубокие фединги требуют сокращения расстояния между ретрансляторами. При построении радиолиний большой протяженности это экономически невыгодно.

Для связи между объектами системы «Сейдж», находящимися на больших расстояниях, предусматривается система релейной связи на дециметровых волнах с использованием эффекта тропосферного рассеяния, проект которой известен под названием «Белая Алиса» (White Alice). Первый участок такой релейной связи на Аляске протяженностью около 5300 *км* вступил в строй в 1956 г. и с тех пор находится в эксплуатации. Система связи состоит из ряда станций, расположенных одна от другой на расстоянии около 320 *км* (рис. 7.1). На станциях используются установленные на высоких башнях большие антенны, позволяющие работать очень тонкими лучами, что значительно повышает помехозащищенность этих линий (рис. 7.2). С помощью таких линий обеспечивается связь между арктическими радиолокационными станциями и командными пунктами ПВО.

Передача информации на важных направлениях в системе «Сейдж» для надежности ведется по дублированным каналам, проходящим по разным трассам. При повышенном уровне ошибок в одном канале система с помощью устройства управления и контроля автоматически переключается на другой канал.

Линии связи являются только частью комплекса средств, составляющих систему передачи данных. Кроме линий, в систему передачи данных входят: преобразующие устройства, передающие и приемные оконечные устройства, устройства обнаружения и сигнализации о неисправностях и другие элементы.

Рис. 7.2. Антенна станции радиорелейной связи по проекту «Белая Алиса»

Рис. 7.1. Схема расположения станций радиорелейной связи по проекту «Белая Алиса»



§ 2. Сеть линий связи в секторе ПВО

Тип и количество линий связи, необходимых для сектора ПВО, зависят от характера и объема информации, поступающей от источников информации в машину и от машины к потребителям. С этой точки зрения все средства ПВО, связанные с вычислительной машиной сектора, можно разделить на четыре основные категории:

— источники наблюдения за воздушной обстановкой (источники входной информации);

— пункты дислокации боевых средств и управления источниками информации (потребители выходной информации);

— вычислительные машины соседних секторов (двухсторонняя передача входной и выходной информации);

— вычислительные машины вышестоящих командных пунктов (двухсторонняя передача входной и выходной информации).

Линии связи вычислительной машины с источниками входной информации. 1. Для связи с основными радиолокационными узлами (в состав которых входят: РЛС дальнего обнаружения, аппаратура опознавания и радиолокационные высотомеры, а также вычислительная машина AN/FST-2 съема и передачи координат, выдающая наибольший объем входной информации, превышающий при полной нагрузке 1300 *дв. ед./сек)* предусмотрены две линии передачи данных.

2. Для связи с маловысотными РЛС, на которых установлены машины съема AN/FST-1, предусмотрена одна линия передачи данных. Это единственный случай, где применяется аппаратура SDV со скоростью передачи 1600 *дв. ед./сек.*

3. Для связи с РЛС «Техасских вышек», дающих информацию, аналогичную информации, поступающей с основных радиолокационных узлов, предусмотрены также две линии передачи данных (со скоростью передачи 1300 *дв. ед./сек*).

4. Для связи с приграничными радиолокаторами дальнего действия, перекрывающими воздушное пространство соседних секторов, предусмотрены, кроме двух своих, по две дополнительных линии передачи данных на каждый соседний оперативный центр.

5. Для связи с подразделениями зенитных управляемых снарядов «Бомарк» с целью передачи информации о состоянии боеготовности средств предусмотрена одна линия передачи данных.

6. Для связи с подразделениями зенитных управляемых снарядов типа «Найк» (через армейский КП системы «Миссайл Мастер») с целью передачи информации о состоянии боеготовности предусмотрена также одна линия передачи данных.

7. Входная информация от других источников поступает по телефонным и телеграфным (буквопечатающей связи) линиям в оперативный центр в пост ручного ввода данных, где она переносится на перфокарты, а затем вводится на вход вычислительной машины. Предполагается, что этот процесс поступления информации для большей ее части в дальнейшем будет автоматизирован.

Линии связи вычислительной машины с потребителями выходной информации. 1. Для связи машины с наземным узлом радиосвязи, передающим команды наведения на пилотируемые истребители-перехватчики по каналам «земля — воздух» типа G/ADL, предусматриваются две линии передачи данных, учитывая большой объем и важность передаваемой информации. Для обеспечения целостного сообщения, выдаваемого машиной, используется принцип многократной передачи с перемежением сигнала.

2. Для связи машины с наземным узлом радиосвязи, передающим команды наведения на зенитные управляемые снаряды «Бомарк» по каналам «земля — воздух» типа G/ADL, как и в случае пилотируемых истребителей-перехватчиков, предусматриваются две линии передачи данных.

3. Включение армейского КП ПВО в состав системы «Сейдж» вызвало затруднения, поскольку армейская система «Миссайл Мастер» для наведения зенитных снарядов «Найк» была рассчитана на передачу данных со скоростью 750 *дв. ед./сек*, в то время как выход вычислительной машины «Сейдж» рассчитан на скорость передачи в 1300 *дв. ед./сек.* Для обеспечения связи между вычислительной машиной и системой «Миссайл Мастер» предусмотрена одна линия передачи данных с переходными устройствами для согласования передачи от скорости 1300 *дв. ед./сек* к скорости 750 *дв. ед./сек.*

4. Для связи машины с радиолокационными высотомерами используется одна линия передачи данных для передачи команд определения высоты на каждый высотомер сектора.

5. Имеются и другие потребители выходной информации, вырабатываемой вычислительной машиной и операторами оперативного центра, получающие эту информацию не автоматически, а по телефонным и телеграфным каналам. В дальнейшем процесс передачи для большей части этой информации предполагается автоматизировать. Уже в настоящее время по некоторым линиям буквопечатающей связи передача данных производится непосредственно с выходов вычислительной машины.

Линии связи между одинаковыми вычислительными машинами соседних секторов. Для обеспечения автоматической двухсторонней передачи из одного сектора в другой входной и выходной информации о самолетах, пересекающих границы соседних секторов, требуется по одной линии передачи данных в каждом направлении, т. е. для связи между вычислительными машинами типа AN/FSQ-7 соседних секторов требуются две линии.

Линии связи между вычислительной машиной сектора и вычислительной машиной вышестоящего командного пункта. Для связи между вычислительной машиной AN/FSQ-7 оперативного центра и вычислительной машиной AN/FSQ-8 вышестоящего командного пункта требуются две линии автоматической двухсторонней передачи данных: одна — для передачи на вышестоящий КП обобщенной информации о воздушной обстановке в секторе

(передача информации в одном направлении), а другая — для передачи команд с вышестоящего КП оперативному центру наведения о перераспределении в случае необходимости боевых средств между секторами (передача информации в другом направлении).

Поскольку во всех случаях здание вышестоящего КП либо располагается вблизи одного из оперативных центров, либо с ним совмещается, расстояние между вычислительными машинами относительно невелико. При таком расположении вычислительная машина оперативного центра может передавать стартовые хронирующие и информационные сигналы вычислительной машине вышестоящего КП непосредственно по внутренним кабельным соединениям.

Для связи между вычислительными машинами вышестоящих КП также требуются две линии передачи данных, по одной в каждом направлении.

§ 3. Аппаратура системы передачи данных

Все линии передачи данных, идущие от источников и потребителей информации, сходятся в оперативном центре сектора ПВО. Здесь имеется специальное помещение, где установлены распределительные стойки связи, направляющие входную и выходную информацию по соответствующим каналам.

Передача цифровой информации в системе «Сейдж» от источников информации к оперативным центрам и от них к потребителям производится большей частью по линиям связи, оборудованным специальной аппаратурой цифровой системы передачи данных типа А-1.

На передающем конце линии связи устанавливается передатчик цифровых данных, на приемном конце — приемник цифровых данных.

Блоки передатчика цифровых данных, установленного в оперативном центре сектора ПВО, показаны на рис. 7.3.

Виды и формы передаваемых сигналов. Блок-схема системы А-1. В системе передачи цифровой информации источник информации вырабатывает и подает в систему передачи данных, а потребитель информации получает от этой системы, как правило, сигналы трех составляющих:

— стартовые сигналы, обозначающие начало сообщения;
— сигналы информации, содержащие передаваемые сведения;
— хронирующие сигналы, которые служат для точной синхронизации источника и потребителя информации между собой и с системой передачи данных.

Хронирующий сигнал представляет собой непрерывное колебание синусоидальной формы частотой 1300 или 1600 *гц* в зависимости от варианта системы передачи данных.

Информационный сигнал составляется из комбинаций полных периодов синусоидальных хронирующих колебаний (двухполяр-

ных импульсов). Наличие одного двухполярного импульса соответствует 1 (посылка), а отсутствие его — 0 (пауза). Подаваемое сообщение состоит из последовательности таких единиц (1) и нулей (0).

Стартовый сигнал представляет собой единичный двухполярный импульс (один период частоты 1300 или 1600 *гц*), которым начинается передача очередной кодовой группы.

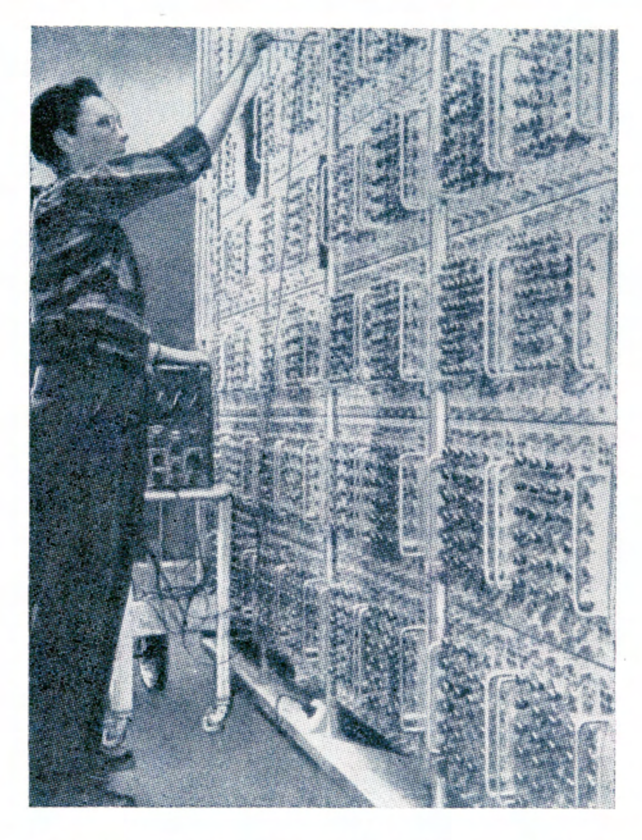


Рис. 7.3. Блоки передатчика цифровых данных в оперативном центре сектора ПВО

Амплитуды указанных трех сигналов различны. Эти три составляющие передаются от источника информации в цифровой передатчик по трем отдельным местным линиям связи протяженностью от нескольких десятков метров до нескольких километров.

Цифровой передатчик осуществляет преобразование трех выходных сигналов источника информации в один комбинированный сигнал с тремя амплитудными уровнями, передаваемый по линии связи на несущей частоте 2000 *гц*.

Передача информации в системе А-1 осуществляется большими группами двоичных импульсов (кодовых групп), начинающихся со старт-импульса.

Количество импульсов в кодовой группе (двоичном слове) при передаче со скоростью 1600 *дв. ед./сек* составляет около 60 и является фиксированной величиной. Количество импульсов в кодовой группе при передаче со скоростью 1300 *дв. ед./сек* доходит до 300 и также является фиксированной величиной.

Не все из импульсов в передаваемой кодовой группе могут нести полезную информацию. Особая важность стартового сигнала (старт-импульса), по которому восстанавливается хронирующий сигнал и который определяет начало сообщения, требует его максимальной защиты от искажения соседними импульсами. Поэтому две двоичные единицы, предшествующие старт-импульсу, и две единицы, следующие после него, не могут нести информации и уровень сигнала, передаваемого в это время, соответствует уровню паузы.

В приемном оконечном устройстве приемник цифровых данных преобразует принятый сигнал в три исходные составляющие, которые были посланы источником информации.

Основными элементами системы передачи данных являются: передающее устройство, линия связи, приемное устройство и устройство управления и контроля.

Возможны два варианта использования системы передачи данных типа А-1. В менее важных случаях, когда не предъявляются высокие требования по надежности, используется одна линия связи. Когда же передается особо важная информация, применяется дублирование линий и соответственно передатчиков и приемников. Блок-схема второго варианта системы А-1 показана на рис. 7.4.

Передающее устройство системы А-1. Блок-схема передающего устройства показана на рис. 7.5. От источника информации на вход передающего устройства поступают сигналы трех видов: непрерывный хронирующий сигнал синусоидальной формы с частотой 1300 или 1600 *гц*, стартовые сигналы и сигналы информации, представляющие собой отрезки той же синусоиды длительностью в один период. Хронирующие сигналы с помощью формирователя, содержащего дифференцирующий контур, преобразуются в узкие импульсы, а стартовые сигналы и сигналы информации посредством двухстороннего ограничения — в прямоугольные импульсы. Стробируемые кипп-реле формируют прямоугольные импульсы длительностью, равной одному периоду хронирующей частоты, т. е. при передаче со скоростью 1600 *имп/сек* — 625 *мксек*, при передаче со скоростью 1300 *имп/сек* — 770 *мксек*.

Полученные импульсы смешиваются и подаются на фильтр низких частот, после чего используются для модуляции несущей частоты. Несущая частота, на которой ведется дальнейшая передача информации по линии связи, образуется специальным генератором и равна 2 *кгц*. Несущая частота модулируется по ампли-

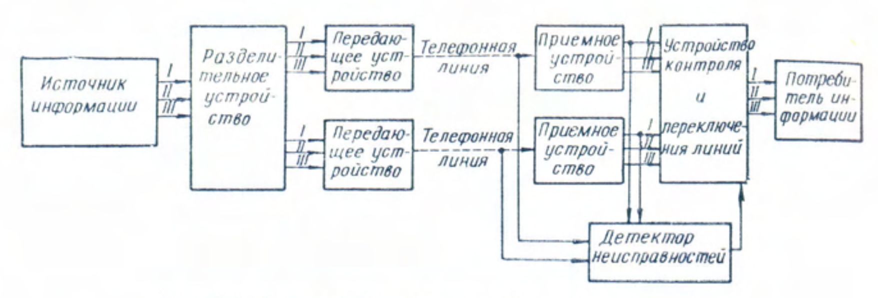


Рис. 7.4. Блок-схема системы передачи данных А-1

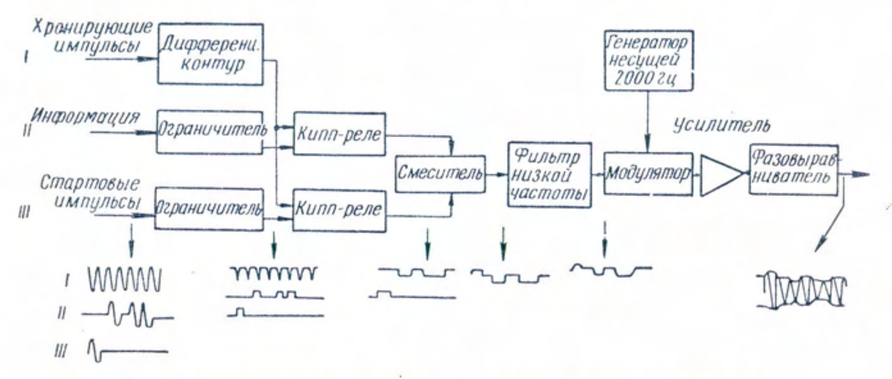


Рис. 7.5. Блок-схема передающего устройства системы А-1

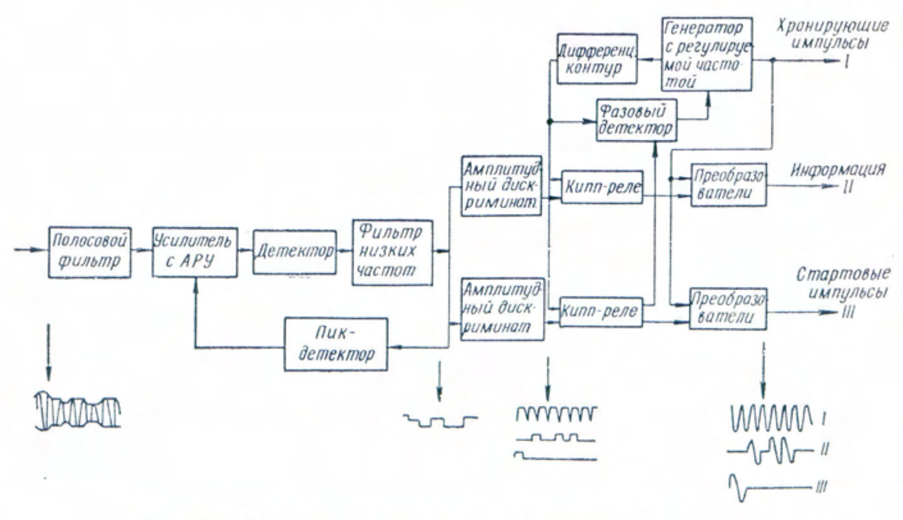


Рис. 7.6. Блок-схема приемного устройства системы А-1

туде таким образом, что получаются следующие соотношения амплитуд: стартовый импульс — 1,0, импульсы информации — 0,25, пауза (нуль) — 0,525.

Модулированная несущая частота с частично подавленной верхней боковой частотой поступает на фазовыравниватель для сглаживания задержки огибающей частоты, возникающей при прохождении сигнала через фильтр низких частот и фильтр подавления верхней боковой частоты на выходе передатчика. После выравнивания фаз сигнал поступает в линию связи.

Приемное устройство системы А-1. Приемное устройство производит операции, обратные тем, которые выполняет передатчик. Блок-схема приемного устройства приведена на рис. 7.6.

Сигналы, поступающие из линии связи, проходят сначала полосовой фильтр, ограничивающий проникновение на вход приемника некоторых видов помех. Затем после усиления, детектирования и подавления фильтром низких частот низших составляющих гармоник несущей частоты сигналы поступают на два амплитудных дискриминатора, разделяющих стартовые импульсы и импульсы информации. Благодаря тому что стартовые импульсы, имея наибольшую амплитуду и постоянную частоту следования, используются для регулирования уровня сигнала на выходе детектора, амплитудное разделение этих импульсов осуществляется довольно просто.

Изменения уровня принимаемых сигналов частично компенсируются пик-детектором, а точная синхронизация их обеспечивается специальным генератором высокой точности с регулируемой частотой, которая поддерживается равной частоте хронирующих сигналов передатчика, с точностью до фазы с помощью фазового детектора.

Высокие требования к стабильности периода хронирующих импульсов ограничивают период автономной работы указанного генератора между стартовыми импульсами, что в свою очередь ведет к ограничению длины передаваемого сообщения.

Импульсы информации и стартовые импульсы, выделенные амплитудным дискриминатором, поступают на стробируемые кипп-реле, которые в моменты совпадения с хронирующими импульсами формируют соответствующие импульсы. Эти импульсы преобразователями преобразуются в отрезки синусоиды, аналогичные тем сигналам, которые подаются на вход передающего устройства.

Устройство управления и контроля (рис. 7.4). Как уже упоминалось, передача информации на важных направлениях ведется по дублированным каналам. При всяких нарушениях работы одной линии связи с помощью устройства управления, главным элементом которого является детектор неисправностей, производится мгновенное переключение на другую линию.

Детектор неисправностей подключен параллельно приемному устройству на выходе линии связи (первый вход) и посредством узкополосного фильтра и выпрямителя измеряет энергию, прихо-

дящую в заданной узкой полосе и создаваемую только шумами и помехами в линии. Когда уровень шумов достаточно велик, чтобы вызвать искажения передаваемого сообщения, детектор неисправностей переключает потребитель информации с выхода приемника одного канала на выход приемника другого канала.

Другой вход детектора неисправностей подключен к выходу стартового импульса каждого приемного устройства. При возникновении в линии неисправностей, приводящих к нарушению прохождения сигнала в линии, стартовый импульс на выходе приемника пропадает, что также ведет к переключению потребителя информации на другой канал.

Для контроля за неисправностями канала, вызывающими потерю отдельных импульсов сообщения или их ложное появление, служат два специальных устройства: генератор контрольных кодовых групп и контролер четности. Первое из этих устройств служит для генерирования и регулярной выдачи в канал контрольных кодовых групп, включающих сообщение из 16 импульсов. Сообщение набирается вручную специальным ключом. На приемном конце полученное сообщение сравнивается в схеме сравнения с эталонным сообщением, вырабатываемым местным генератором групп. Полученные ошибки подсчитываются, и результат отображается на табло при помощи неоновых ламп и механического счетчика.

Другое устройство обеспечивает контроль четности количества импульсов в принятом сообщении. Для того чтобы передаваемая информация всегда содержала четное количество импульсов, к сообщению в случае необходимости добавляют лишний импульс, не несущий полезной информации. На приемном конце число импульсов в принятом сообщении подсчитывается обычным двоичным счетчиком, и при обнаружении нечетного количества импульсов подается сигнал. Этот метод позволяет обнаружить только нечетное число ошибок, т. е. практически одиночную, поскольку при принятой вероятности 10^{-5} появление двух ошибок в одном сообщении маловероятно. Контролер четности обеспечивает непрерывный контроль правильности всех принятых сообщений и дает возможность немедленного исключения ошибочных сообщений.

В США для системы «Сейдж» разработаны и на отдельных участках применяются также и другие системы передачи данных, среди которых наиболее известны следующие:

— высокоскоростная система передачи данных типа «Кинеплекс», предназначенная как для передачи цифровых данных двоичным кодом, так и для буквопечатающей связи по проводам или по радио;

— системы передачи данных на полупроводниках типа AN/TSQ-7 и AN/TSQ-8 для передачи радиолокационной информации и некоторые другие, подробные описания которых здесь нет необходимости приводить.

Глава 8

СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕХВАТОМ

§ 1. Система передачи команд и наведение истребителей

Для передачи команд наведения на пилотируемые и беспилотные перехватчики в системе «Сейдж» применяется система передачи команд (СПК), состоящая из двух участков разнотипных линий связи:

— линия передачи данных типа «земля — земля»;

— линия передачи данных типа «земля — воздух».

Для обеспечения связи с перехватчиками, находящимися в любой точке воздушного пространства сектора, на территории сектора в различных его точках размещается несколько радиостанций системы передачи команд (СПК). Система передачи данных строится таким образом, что вычислительная машина или операторы наведения могут связываться с перехватчиками избирательно, используя любой узел радиосвязи. На каждом узле связи есть несколько радиостанций (радиоканалов), работающих на различных частотах. Все радиостанции связываются с выходными устройствами машины или пультов управления операторов наведения оперативного центра с помощью внешних линий связи типа «земля — земля». Поскольку эти линии связи являются жизненно важными звеньями системы ПВО, они обычно дублируются и прокладываются по различным трассам.

Передача команд по линии связи типа «земля — земля». Для надежной работы системы передачи команд и надлежащего переключения каналов применяются два типа систем передачи данных:

— двухканальная система DF (Dual Facility) с двумя четырехпроводными линиями (одна — основная, другая — резервная), проходящими по разным трассам; каждый узел радиосвязи с оперативным центром наведения связан одной такой двухканальной (дублированной) линией для каждого его радиоканала;

— система коммутатора и группы линий общего пользования CUG (Common User Group), в которой применяется устройство централизованного управления для выборочной линии из группы

соединительных линий и автоматического переключения на другую линию при повреждении используемой; в этом случае значительно уменьшается потребность в количестве внешних линий связи.

В обоих случаях передаваемые сигналы одинаковы, различие состоит только в способе установки связи.

Когда группа перехватчиков получает приказ подняться в воздух, она начинает вести передачи по предварительно выделенному для нее радиоканалу. В оперативном центре назначается оператор наведения, руководящий действиями этой группы перехватчиков. На пульте управления оператора переключатель устроен таким образом, что устанавливает связь с выделенным радиоканалом на всех узлах радиосвязи. Радиостанция, с которой соединяется оператор, работает на одной и той же частоте при приеме и при передаче. В каждый данный момент можно вести только прием или передачу.

При нормальной работе линии связи по ней попеременно передаются сигналы двух частот, соответствующих двум состояниям передачи информации: одна — «посылка», другая — «пауза». Поскольку нормально в линии обязательно есть сигнал той или другой частоты, то отсутствие сигнала является признаком для аварийного переключения.

При использовании двухканальной системы передачи данных (рис. 8.1) имеют место следующие особенности. Если оператор наведения хочет установить связь с самолетом, он соответствующими кнопками на пульте управления может выбрать любой из узлов радиосвязи, находящихся в пределах своего сектора. При нажатии определенной кнопки оператор связывается с выбранным им узлом радиосвязи, и его оборудование находится в положении «Прием». Если передача еще не ведется, то с оперативного центра на радиоузел передаются сигналы на частоте, соответствующей «посылке».

Как только самолет начал передавать позывные, на пульте оператора загораются сигнальные лампочки, указывающие те радиостанции, которые приняли сигнал самолета. Позывные, принятые любым радиоузлом, сдвигают установленную частоту сигнала на другую частоту, соответствующую «паузе» (этот сигнал и зажигает лампочки).

Если оператору необходимо передать команду на самолет, он должен нажать на кнопку соответствующего узла (если она еще не нажата) и перевести переключатель в положение «Передача», что изменит частоту сигнала в выходном направлении из положения «посылка» в положение «пауза». Этот сигнал вызывает переключение радиостанции из режима приема в режим передачи. После переключения передатчика и настройки его на передачу по каналу «земля — воздух» частота сигнала, поступающего от узла на пульт оператора, сдвигается в положение «пауза». При этом на пульте зажигается сигнальная лампочка, которая

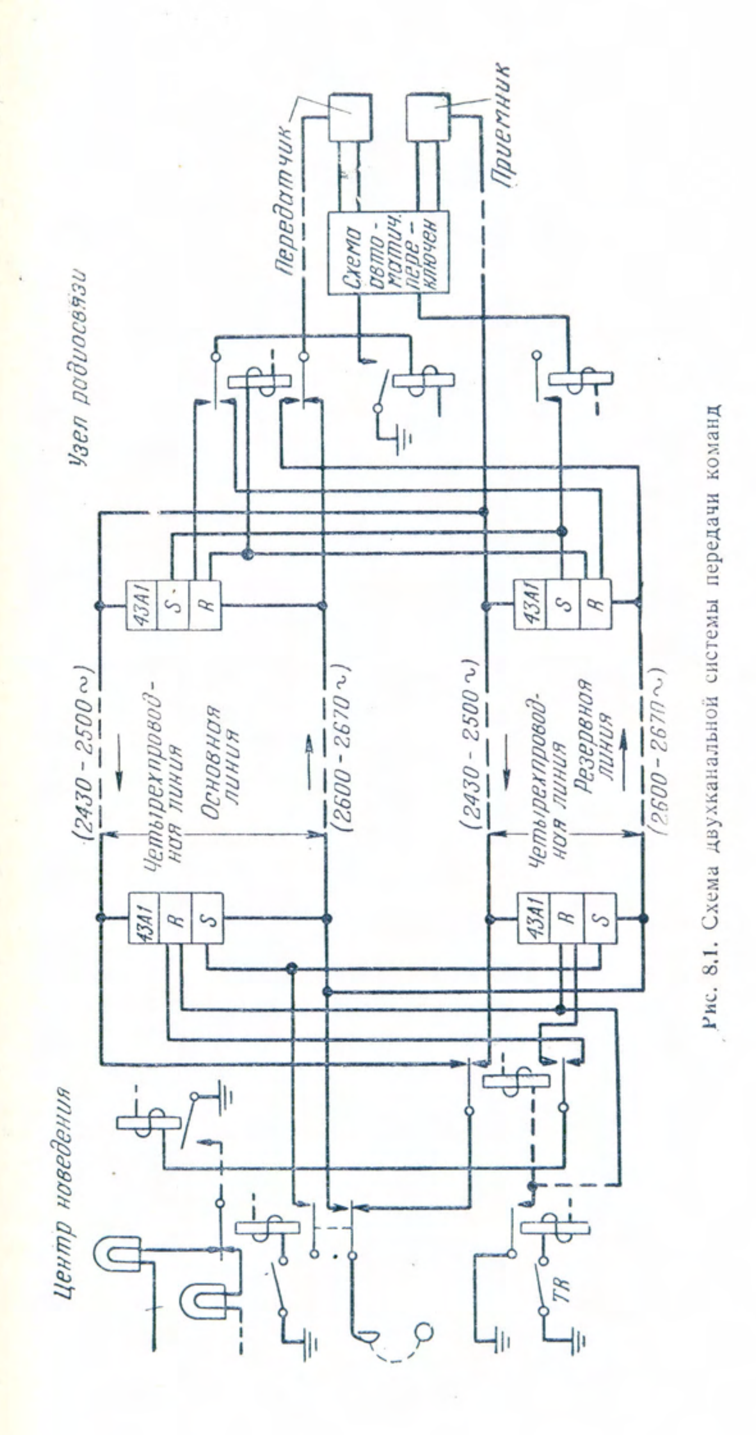


Рис. 8.1. Схема двухканальной системы передачи команд

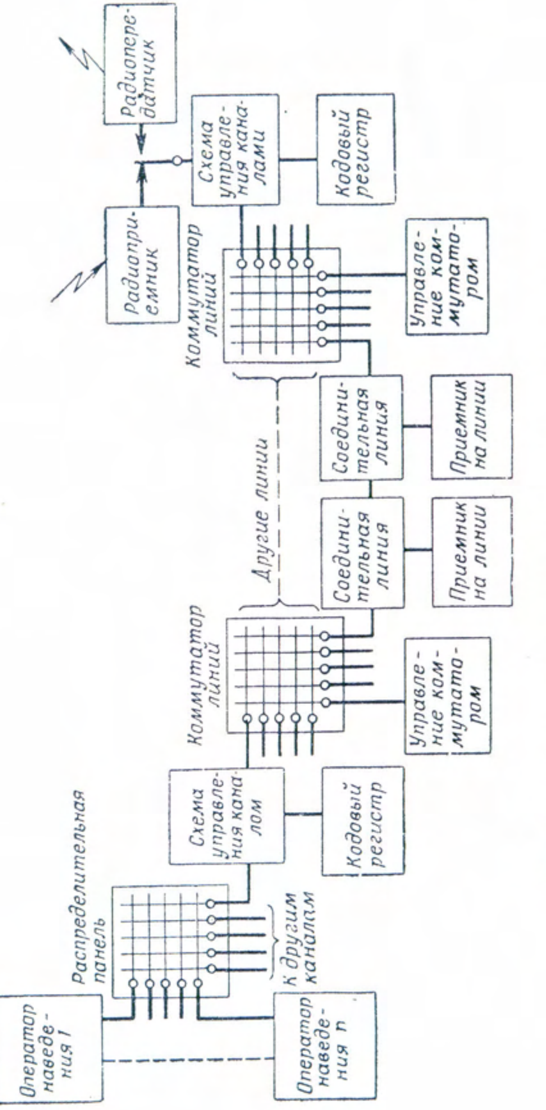


Рис. 8.2. Схема системы передачи команд с коммутатором

сигнализирует о настройке передатчика на передачу. Теперь оператор может передавать команды. В момент передачи приемник не работает. Нормально вся операция переключения и перестройки занимает около 0,5 *сек*.

Если связь по данному каналу слабая или имеются сильные помехи, оператор наведения с помощью ключа переключения переходит на запасной канал. Одновременно с этим на контрольную панель узла радиосвязи поступает предупредительный сигнал о том, что переключение произошло ввиду наличия помех радиосвязи.

При большом числе выделяемых радиоканалов в каждом узле связи и соответственно при большом числе операторов наведения использование двухканальной системы требует значительного числа достаточно длинных внешних телефонных линий связи. Так как в данный момент оператор наведения может иметь связь только с одним узлом радиосвязи, а другие линии узла, выделенные для этого оператора, будут большей частью бездействовать, целесообразно применять другую систему, которая более эффективно использует основные телефонные линии, систему с коммутатором (рис. 8.2).

При использовании коммутатора система передачи данных становится гибкой, число внешних телефонных линий уменьшается без снижения пропускной способности.

В этой системе для выбора радиоканала используется специальный код, соответствующий конкретному радиоканалу или оператору наведения. Код посылается регистром, связанным со схемой управления каждого канала. Каждый канал имеет связанный с ним приемник, принимающий все коды. Код формируется из импульсов различной длительности, разделенных по времени. Каждый единичный код состоит из двух длинных и трех коротких импульсов (что соответствует «паузе»), разделенных короткими импульсами («посылкой»). Ложный код с другим сочетанием импульсов не воспринимается приемником.

Оператор устанавливает связь с желаемым узлом радиосвязи путем нажатия соответствующей кнопки. Одновременно с этим код, соответствующий выбранному каналу, автоматически передается на узел связи. Когда канал включен, оператор наведения может поддерживать связь с экипажем самолета при помощи обычных сигналов управления. Эта связь обычно поддерживается до тех пор, пока оператор не нажмет другую кнопку для выбора другого узла.

Позывные сигналы с самолета, передаваемые через радиоузел, связь с которым предварительно не была установлена оператором, принимаются так же, как и сигналы из оперативного центра. Принятый сигнал на пульте управления оператора зажигает сигнальную лампочку вызова. Однако связь с самолетом, установленная по инициативе пилота-перехватчика, поддерживается до тех пор, пока с самолета принимается несущая часто-

та. По прекращении передачи несущей частоты связь автоматически прекращается.

Следует отметить, что каждый оператор наведения может соединиться со своим каналом на узле связи даже при значительно меньшем числе телефонных линий, чем число операторов или радиоканалов. Система с коммутатором обеспечивает работу даже в том случае, когда число каналов настолько мало, что не достигается необходимая пропускная способность. Бывают случаи, когда телефонная линия занята, а по ней передача не производится. Это может использовать другой оператор наведения, который своим ключом выбора радиоузла заставляет систему автоматически разъединить несколько каналов, по которым не происходит разговор. Когда отсоединенный оператор захочет снова вести передачу, то он переключателем обеспечивает автоматическое восстановление связи со своим каналом. Оператор подсоединяется и остается в таком положении до тех пор, пока его снова не разъединят, если он не будет вести передачу в то время, когда все каналы заняты.

Число телефонных линий, обеспечивающих необходимую пропускную способность, было определено в результате исследования объема обмена информацией. Результаты показывают, что при системе с коммутатором общая протяженность линий связи может быть уменьшена на 15—85% для различных узлов связи. На основе этих исследований было решено использовать систему с коммутатором для связи со всеми узлами радиосвязи, кроме одного, который должен всегда быть связан с оперативным центром с помощью двухканальной системы. Двухканальная система показала также удовлетворительные результаты, и она применяется в некоторых секторах.

Передача команд по линии связи типа «земля—воздух». Более сложным в системе передачи команд является участок линии передачи данных «земля—воздух» G/ADL.

На каждом узле радиосвязи имеется несколько радиостанций. Когда эти радиостанции с помощью вышеописанной линии «земля—земля» соединяются непосредственно с выходом машины, имеется возможность по радиолинии автоматически передавать команды наведения как пилотируемым самолетам-перехватчикам, так и беспилотным средствам перехвата («Бомарк»). На борт автоматически передаются многочисленные команды (координаты и другая информация), которые необходимы для наведения перехватчиков на цель.

Важными характеристиками радиолинии являются метод излучения и способ разделения каналов.

В системе передачи команд ранее использовалась радиоаппаратура с частотным разделением каналов, которая постепенно заменяется системой с временны́м разделением каналов. В системе с частотным разделением каналов, в которой обеспечивалась передача данных по 24 каналам, все радиопередатчики сектора должны были данные наведения, выработанные машиной, передавать одновременно, что неудобно. В системе же с временны́м разделением каналов передатчики работают последовательно во времени и в каждый данный момент работает только один передатчик.

В большинстве современных систем предпочтение отдается всенаправленному излучению с временны́м разделением каналов, что обеспечивает возможность вызывать все самолеты в данной системе поочередно, независимо от их местоположения, и позволяет наиболее рационально использовать частотный диапазон. При временно́м разделении каналов избирательная связь достигается присвоением каждому самолету вызывного кода, который обычно передается после сигнала синхронизации. Если самолет опознает вызывной код, остальная информация расшифровывается и воспринимается.

Однако в новой системе возникают другие трудности, одной из которых является синхронизация моментов прихода информации на передатчик от различных источников. В этом случае требуется, чтобы информация от вычислительной машины поступала на все узлы радиосвязи по всем линиям и трассам почти одновременно, чтобы получались целостные сообщения и не было наложений вследствие последовательного включения радиопередатчиков.

Для системы «Сейдж» разработана и принята на вооружение система передачи данных «земля — воздух» с временны́м разделением каналов типа TDDL. В этой системе команды наведения, выработанные ЭВМ оперативного центра, как обычно, в кодированной форме многократно передаются на самолет с передатчиков, находящихся в различных пунктах сектора. Внутри определенного сектора все передатчики передают данные на одной частоте, и до тех пор, пока самолеты летают внутри установленных границ сектора, не требуется изменения каналов связи или частот.

В системе используется 17 частот, что обеспечивает передачу почти неограниченного числа команд для управления перехватчиками в данном секторе.

Принятая на борту информация декодируется, сортируется и индицируется в виде визуальных сигналов на приборной доске летчика.

Для обеспечения успешных боевых действий перехватчика летчик должен получать информацию о положении самолета противника. Типовое сообщение перехватчику содержит следующие данные: сигнал тревоги, шифр истребителя (позывной и индекс), направление на цель (в градусах), принадлежность цели, высота цели, расстояние до цели.

Система может обеспечить подачу команд непосредственно в автопилот, что позволяет полностью управлять самолетом из оперативного центра. В последнем случае по достижении перехватчиком района цели летчик переключает управление на себя,

заканчивает фазу захвата цели бортовой РЛС и может по своему усмотрению использовать необходимое оружие (пушки, снаряды класса «воздух—воздух»).

Сообщалось, что эта система используется на самолетах-перехватчиках типа F-101, F-102 и F-106.

Система TDDL может применяться также и для наведения беспилотных перехватчиков «Бомарк В».

Для автоматического наведения перехватчиков разрабатывалась и другая аппаратура передачи данных «земля — воздух». В частности, в одной из систем предусматривалось, что шифр истребителя и цифровые данные о цели снимаются с выхода вычислительной машины, а слова команд набираются оператором на пульте управления и вводятся в сообщение. Каждая команда преобразуется в двоичный пятиразрядный код. Посылки формируются замыканием и размыканием соответствующих цепей. Такая аппаратура практически позволяет присоединиться одновременно к нескольким устройствам обработки информации. Она, кроме того, обеспечивает автоматическое преобразование данных о целях в словесные сообщения для передачи их на перехватчики. В других системах, например, предусматривалась передача дополнительных данных о характеристиках самолета противника и его вооружении.

Кроме линий передачи данных одностороннего действия, разработаны и могут быть использованы линии двухстороннего действия. В этих линиях предусматривается возможность автоматического подключения к линии бортовой аппаратуры и передача снятых с приборов самолета данных. Наличие автоматического вызова требуемого объекта и автоматизация ответа избавляет экипаж самолета от необходимости постоянного прослушивания всех передач. К такой категории линий относится радиолиния автоматизированной системы связи «земля—воздух—земля» типа AGAGCS.

Так как система передачи данных в этих случаях фактически состоит из физически разнородных каналов и линий различной протяженности, то возможны отклонения в скорости передачи данных. Допустимая асинхронность в системе составляет 2 *мсек*. Для удовлетворения этого требования необходимо дифференциальное выравнивание задержки.

Система с временны́м разделением каналов, разработанная и выпускаемая фирмой «Белл», обеспечивает передачу данных на борт с интервалом 4—6 *сек*. В качестве бортовых приемников используется аппаратура фирмы «Лир». Шифрирующая и дешифрирующая аппаратура выпускается фирмой «Филко».

§ 2. Система наведения беспилотных перехватчиков «Бомарк»

В системе «Сейдж» имеется 8 баз беспилотных перехватчиков типа «Бомарк» (модификаций IM-99A и IM-99B) (рис. 8.3). На каждой базе находится одна эскадрилья снарядов с 28 пусковыми установками (за исключением одной базы, где размещены две эскадрильи). На базах снаряды находятся в ангарах-укрытиях на пусковых установках в горизонтальном положении и поддерживаются в постоянной боевой готовности.

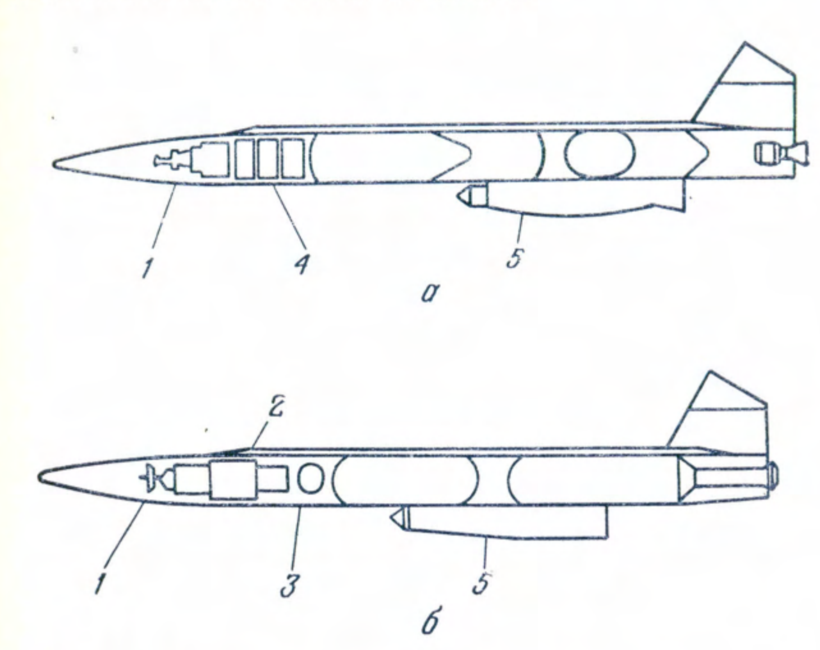


Рис. 8.3. Компоновочные схемы беспилотных перехватчиков «Бомарк А» (*а*) и «Бомарк В» (*б*)

1 — головка самонаведения; *2* — электронная аппаратура, *3* — боевой отсек; *4* — боевой отсек, электронная аппаратура, электробатарея; *5* — ПВРД

Для снарядов «Бомарк» используются два типа ангаров: один — с раздвигающимися в сторону боковыми стенками, другой — с раздвигающимися створками крыши.

Пусковая установка снарядов «Бомарк» (рис. 8.4) состоит из основания, на одном конце которого укреплены опора стрелы и отражатель реактивной струи. К опоре крепится подъемная стрела с верхними захватами для удержания снаряда в вертикальном положении. Подъем и опускание стрелы осуществляются с помощью гидропроводов.

Для обеспечения постоянной боевой готовности к снарядам подсоединена аппаратура предстартовой проверки и все важнейшие цепи снаряда подвергаются круглосуточной автоматической проверке. Кроме того, ежемесячно с помощью передвижного контрольного оборудования производится более полная функциональная проверка снарядов, а через каждые шесть месяцев снаряды

снимаются с пусковой установки и переводятся в сборочно-ремонтную мастерскую базы, где подвергаются основательной проверке и испытаниям.

Перехватчик «Бомарк» не имеет собственной наземной аппаратуры наведения, устанавливаемой непосредственно в месте рас-

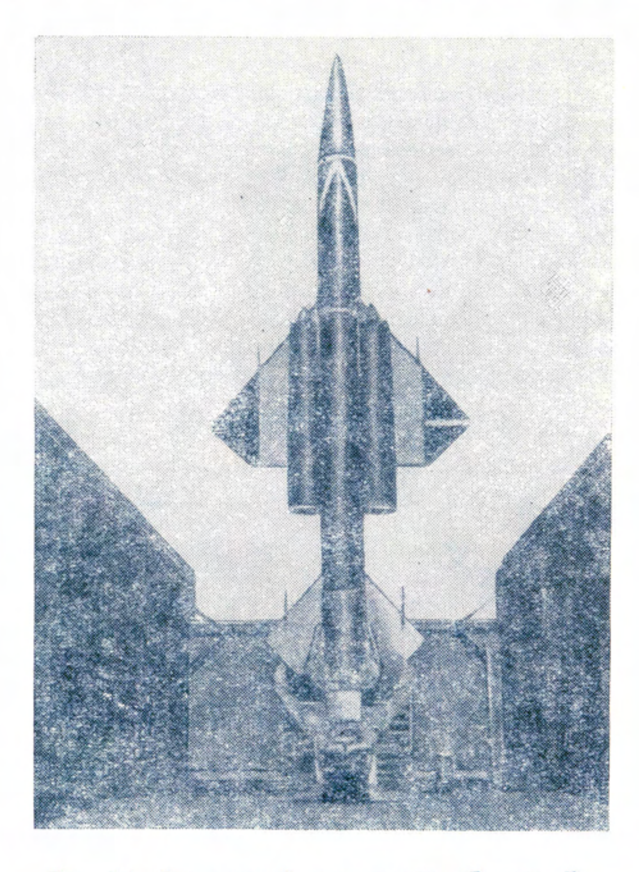


Рис. 8.4. Беспилотный перехватчик «Бомарк В» на пусковой установке

положения стартовых позиций. Наведение перехватчика в район цели осуществляется по командам, вырабатываемым вычислительной машиной оперативного центра сектора ПВО. Эти команды передаются по линии передачи данных «земля—земля» на передатчик команд, установленный на стартовой позиции, а с передатчика команд по радиолинии «земля—воздух» на снаряд.

Система наведения «Бомарк», по утверждению иностранных специалистов, является универсальной и пригодна для наведения

как управляемых снарядов-перехватчиков, так и пилотируемых истребителей, для которых она первоначально разрабатывалась. Она является комбинированной и состоит из двух частей:

— телеметрической системы передачи команд для выведения перехватчика в район цели;

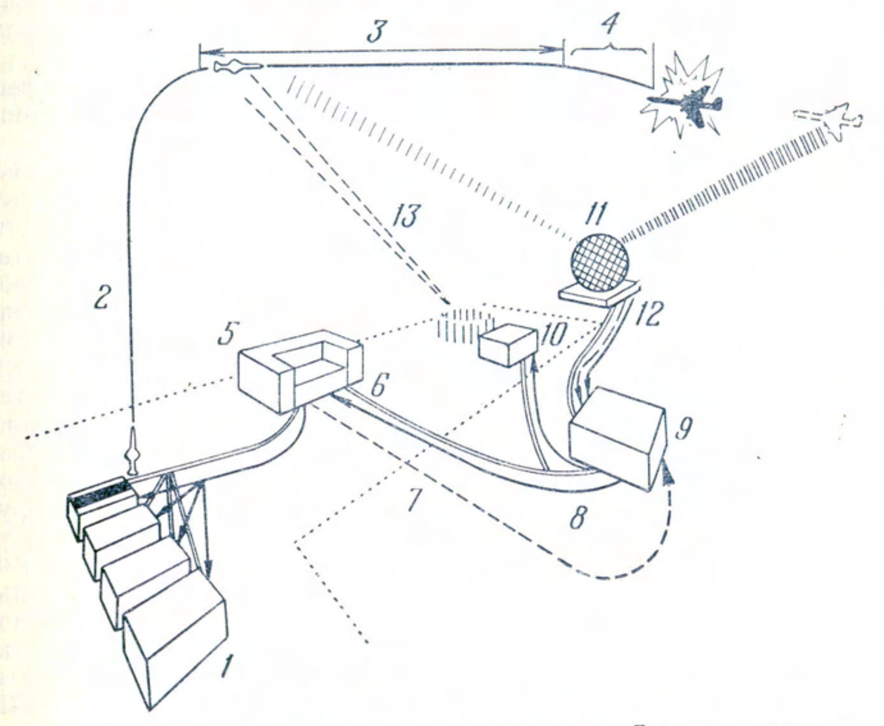


Рис. 8.5. Схема наведения беспилотного перехватчика «Бомарк» по командам системы «Сейдж».

1 — укрытия; *2* — активный участок траектории полета перехватчика; *3* — средний участок траектории полета; *4* — конечный участок траектории; *5* — командный пункт дивизиона перехватчиков; *6* — линии передачи данных; *7* — донесения о состоянии боевых средств; *8* — предпусковые команды; *9* — оперативный центр системы «Сейдж»; *10* — передатчик команд «земля — воздух»; *11* — РЛС дальнего обнаружения сектора ПВО; *12* — радиолокационная информация о цели и перехватчике; *13* — команды наведения

— активной системы самонаведения, вступающей в действие на последнем этапе наведения.

Наземная аппаратура системы передачи команд рассмотрена в предыдущем параграфе. Бортовая аппаратура телеметрической линии передачи команд включает в себя приемник и дешифратор. Дешифрованные команды поступают в автопилот и используются для наведения перехватчика на этапе сближения с целью.

Как только вычислительная машина или оператор наведения выбрали в качестве боевого средства данную базу перехватчи-

ков «Бомарк», на командный пункт дивизиона поступает предпусковая команда, которая затем передается непосредственно на стартовую позицию к укрытию конкретного снаряда. Крыша пускового укрытия автоматически сдвигается, снаряд выдвигается из укрытия, поворачивается в направлении, соответствующем курсу перехвата, и проходит предстартовую проверку. Время приведения снаряда в полную готовность к пуску составляет 2 *мин*. По готовности снаряд запускается.

Траектория полета «Бомарк» включает три этапа: набор высоты, сближение с целью (участок крейсерского полета) и самонаведение.

При наборе высоты перехватчик движется вертикально с большим ускорением. Большая начальная скорость перехватчика и высокая скороподъемность применены для повышения дальности действия снаряда и скорейшего выведения его в район перехвата. Вертикальный старт выбран для компенсации быстрого изменения положения центра тяжести снаряда из-за большого расхода топлива на начальном этапе полета. Управление полетом на этом этапе производится программным устройством. Угол тангажа в этот период регулируется отклонением сопла ускорителя, установленного на кардановом подвесе. На высоте около 10 *км* топливо ускорителя выгорает, а два маршевых двигателя ПВРД развивают полную мощность. Когда снаряд наберет звуковую скорость, управление им осуществляется аэродинамическими рулями.

По достижении снарядом высоты крейсерского полета (21 *км*, по другим данным — 24 *км*) он делает поворот иммельман и дальше совершает полет по курсу на цель. К этому времени радиолокационные станции сектора обнаруживают снаряд, вычислительная машина оперативного центра сопровождает его и вырабатывает команды наведения, которые через передатчик команд СПК передаются на борт снаряда. С этого момента начинается второй этап полета — сближение с целью (рис. 8.5).

Управление перехватчиком на этапе сближения осуществляется только по командам вычислительной машины AN/FSQ-7 системы «Сейдж». В командах наведения содержится следующая информация: направление полета (при сближении и при атаке), координаты точки перехвата, ориентация головки самонаведения (по азимуту и тангажу), оставшееся время полета до цели.

В случае маневрирования цели машина вырабатывает новый курс снаряда для выхода его в новую точку встречи. Если передатчик команд по какой-либо причине временно перестает функционировать, снаряд в это время будет лететь в соответствии с последней командой, которую он получил.

Вывод перехватчика в район цели с помощью вычислительной машины сектора заканчивается подачей команд целеуказания для захвата цели бортовой системой наведения (команды определяют направление точки перехвата, положение головки самонаведения).

Бортовые системы наведения перехватчиков «Бомарк» («А» и «В») отличаются друг от друга. На перехватчике «Бомарк А» установлены импульсная радиолокационная головка самонаведения и импульсный радиолокационный взрыватель. Система самонаведения «Бомарк В» состоит из радиолокационной станции непрерывного излучения, вычислительной машины и других элементов (рис. 8.6).

Радиолокационная станция непрерывного излучения типа AN/DPN-34, установленная на борту перехватчика «Бомарк В» и служащая для поиска цели, захвата ее и наведения, использует

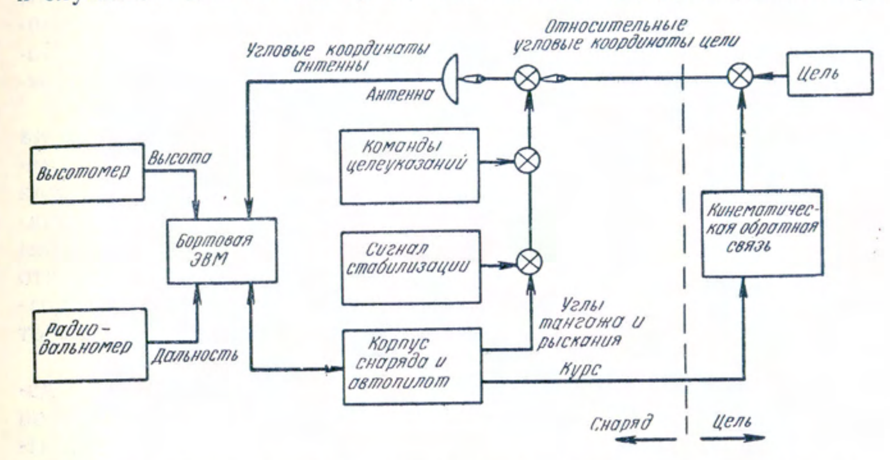


Рис. 8.6. Схема контура самонаведения беспилотного перехватчика «Бомарк В»

принцип селекции целей по допплеровской скорости (радиальной составляющей относительной скорости движения цели). Станция позволяет обнаруживать воздушные цели на фоне земли, облаков и в условиях пассивных помех. Она имеет небольшую ширину излучаемого спектра сигнала и обеспечивает необходимую фильтрацию полезных сигналов. Дальность обнаружения цели составляет 20 *км*. Указывалось, что антенна этой станции жестко закреплена относительно корпуса снаряда и поиск цели осуществляется за счет сканирования луча. Станция не дает точных измерений дальности и требует установки дополнительного радиодальномера.

После захвата цели снаряд перестает реагировать на сигналы управления, поступающие от передатчика команд. С этого момента начинается этап самонаведения и управление снарядом осуществляется только по командам собственной системы наведения.

Бортовая вычислительная машина на основании данных собственной системы наведения определяет траекторию полета перехватчика на этапе самонаведения и посылает сигналы управления на автопилот снаряда. Действие бортовой аппаратуры сводится сначала в основном к коррекции угловых ошибок по азимуту и высоте, накапливающихся в процессе наведения перехватчика по командам вычислительной машины оперативного центра. Затем на некотором расстоянии от цели бортовая вычислительная машина вырабатывает команду для захода на цель. В соответствии с этой командой перехватчик пикирует или резко набирает высоту для поражения цели. После этого производится подрыв боевого заряда. Подрыв заряда может быть произведен либо по данным самой системы самонаведения (бортовой РЛС — для «Бомарк В»), либо по команде специального радиовзрывателя («Бомарк А»). Скорость снаряда в районе цели в три раза превышает звуковую.

В печати сообщалось, что недостаточная прочность фюзеляжа и отсутствие средств для подавления помех от местных предметов на снаряде «Бомарк А» не позволяют использовать его для поражения низколетящих целей. Этих недостатков лишен снаряд «Бомарк В», где прочность фюзеляжа повышена и применены средства для селекции движущихся целей. Указывалось, что «Бомарк В» в ходе наведения может выдерживать восьмикратную перегрузку и обеспечивать перехват целей в диапазоне высот от бреющего полета до 24 *км*.

Система наведения перехватчиков «Бомарк В» считается достаточно помехоустойчивой, поскольку наведение снаряда в район цели может осуществляться одновременно несколькими передатчиками команд системы СПК, которые подавить все сразу практически весьма трудно. Кроме того, указывалось, что снаряд может осуществлять самонаведение на источник помех, что исключает самозащиту с помощью активных помех.

В печати также сообщалось, что вероятность поражения цели снарядом «Бомарк» составляет 82%, в то время как для пилотируемых истребителей она считается равной 35%. Испытания показали, что отклонение снаряда от заданной точки попадания составляет около 3 *м*.

§ 3. Система управления огнем батарей ЗУРС «Миссайл Мастер»

Система «Миссайл Мастер» (рис. 8.7) предназначена для управления огнем ЗУРС «Найк-Аякс», «Найк-Геркулес» и «Хоук». Она должна обеспечивать противовоздушную оборону отдельных объектов, вследствие чего ее называют пунктовой или местной системой ПВО.

В декабре 1957 г. вступил в строй первый промышленный образец системы, установленный в форте Мид (шт. Мериленд) и предназначенный для обороны района Балтимора—Вашингтон.

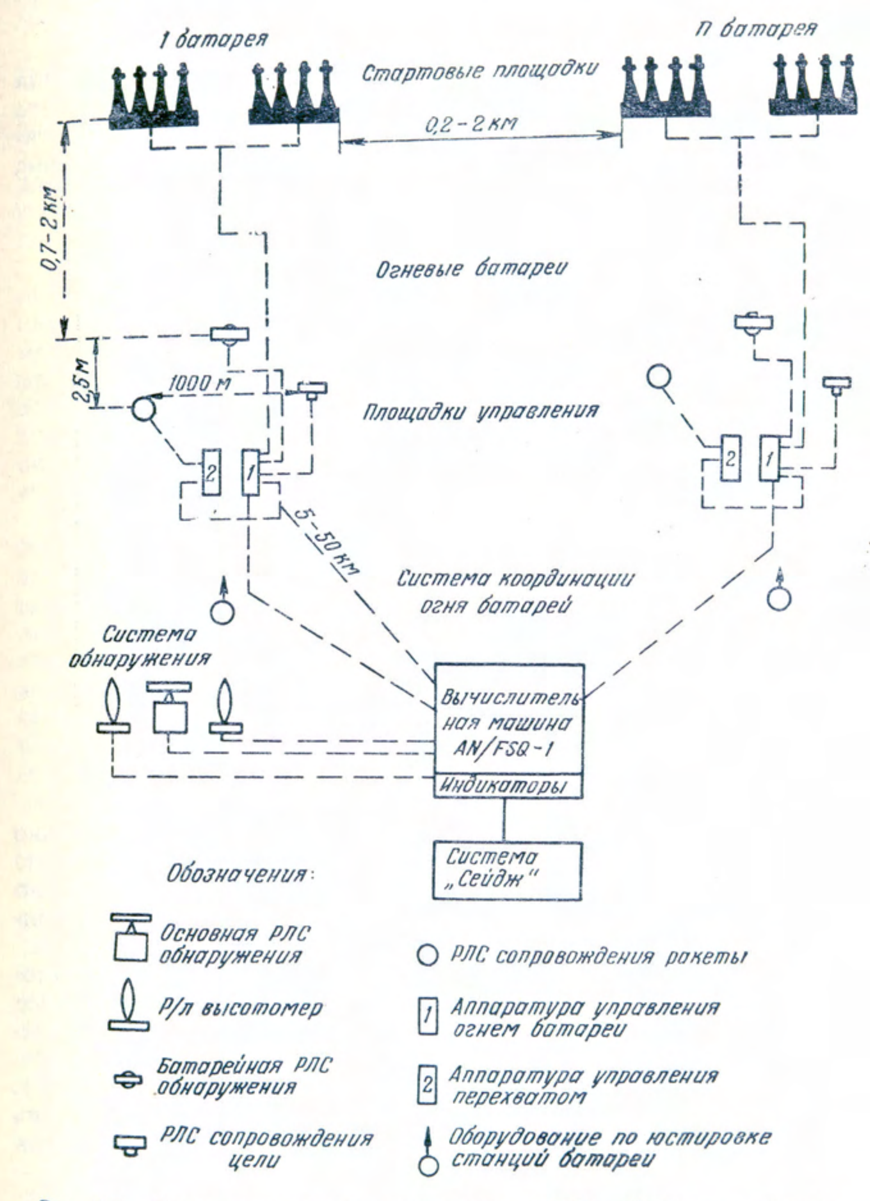


Рис. 8.7. Схема управления комплексом ЗУРС «Найк» с помощью системы «Миссайл Мастер»

Последующие образцы системы устанавливались в других важнейших стратегических, промышленных и густонаселенных центрах США.

Система «Миссайл Мастер» может работать как в комбинации с системой «Сейдж», так и независимо от нее. По существу эта система полностью автономна. Она охватывает все этапы противовоздушной обороны от обнаружения цели до ее уничтожения, являясь как бы миниатюрным вариантом системы «Сейдж».

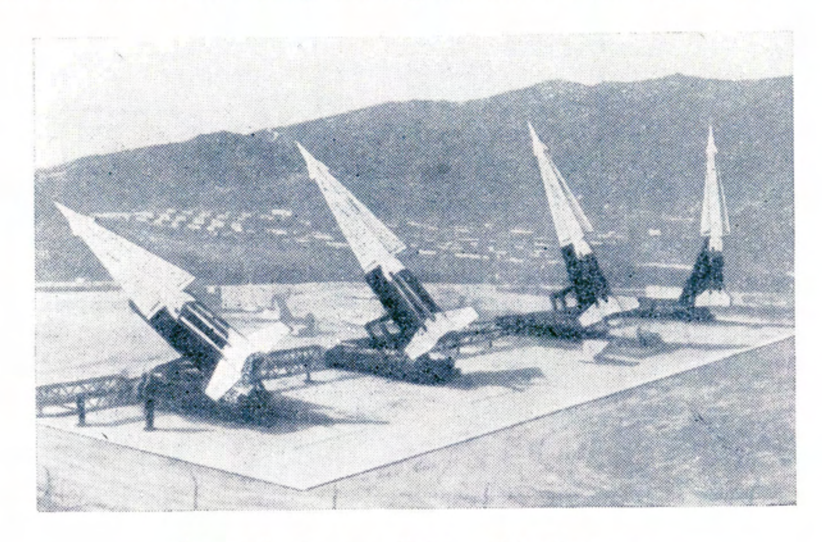


Рис. 8.8. Батарея ЗУРС «Найк-Геркулес»

Система «Миссайл Мастер» обеспечивает оборону значительно меньшей площади, чем сектор системы «Сейдж». Управляемые ею батареи ЗУРС «Найк» и «Хоук» располагаются, как правило, по кольцу, окружающему обороняемый объект, на расстоянии от центра объекта 50—60 *км*.

Батарея ЗУРС «Найк» состоит обычно из двух стартовых площадок, на каждой из которых размещаются четыре пусковые установки (рис. 8.8), и площадки управления, на которой размещаются средства управления огнем. Батареи объединяются в дивизионы. В каждом дивизионе 6 батарей (48 пусковых установок). Каждая система «Миссайл Мастер» может координировать огонь до 90 пусковых установок (на каждой пусковой установке один снаряд).

Система «Миссайл Мастер» непосредственно не управляет наведением ЗУРС на цель. Она предназначена для выполнения следующих функций:

— получать информацию о воздушной обстановке от системы «Сейдж» или от своих радиолокационных станций;

— обеспечивать командира и офицеров управления необходимыми данными для принятия боевых решений;

— координировать огонь батарей при сохранении права за батареями самостоятельно выбирать цели для обстрела.

Система «Миссайл Мастер» состоит из следующих основных элементов: радиолокационных средств для сбора данных о воздушных целях противника, командного пункта с оборудованием для автоматической обработки данных и отображения, средств управления огнем батарей, системы автоматической передачи данных от командного пункта системы на батареи и обратно.

Собственными источниками информации о воздушной обстановке в системе «Миссайл Мастер» являются основная радиолокационная станция обнаружения и два радиолокационных высотомера, расположенные в непосредственной близости от КП системы, и радиолокационные станции обнаружения, установленные в районе каждой батареи и обеспечивающие обнаружение целей, попадающих в «мертвую» зону основной РЛС системы. Информация о более раннем обнаружении целей поступает от системы «Сейдж».

Вся информация о воздушной обстановке поступает на обработку в установленную на КП системы электронную цифровую вычислительную машину типа AN/FSQ-1. С помощью этой машины все операции по обработке информации, распределению целей по батареям, выдаче информации для отображения на индикаторы операторов, выполняющих различные задачи, осуществляются автоматически, как правило, без участия человека. Ведение огня по целям на батареях производится также автоматически. Операторы командного пункта системы и офицеры батареи с помощью индикаторов только контролируют ход операций, корректируя работу аппаратуры в случае необходимости.

В системе «Миссайл Мастер» для отображения необходимой информации наряду с радиолокационными индикаторами кругового обзора применяется система индикации «Диджитрон», которая для обеспечения знаковой индикации использует не характрон, а электроннолучевую трубку, подобную телевизионной с диаметром экрана 50 *см*. Характерной особенностью этой системы индикации является то, что воспроизведение необходимых знаков достигается в ней путем перемещения электронного луча в нужном месте экрана по запрограммированной траектории, соответствующей конфигурации требуемого знака, и что механизм формирования знаков в ней не встроен в трубку, а находится вне ее и является частью общего оборудования, обслуживающего трубки всех индикаторов этого типа. Управление формированием символов осуществляется вычислительной машиной. Управление положением символа цели или ее формуляра на экране индикатора производится электромагнитной отклоняющей системой, роспись знака и фиксация положения его в формуляре осуществляется электростатической системой отклонения. В отношении фор-

мирования различных видов символов система является достаточно гибкой, позволяя получить буквы, цифры и многие геометрические фигуры.

Информация о воздушной обстановке, полученная от любых источников, накапливается в вычислительной машине, обрабатывается и распределяется по всем индикаторам командного пункта, с помощью которых ведется непрерывное наблюдение за воздушной обстановкой и за боевыми действиями батарей. Часть этой информации поступает также на индикаторы батарей.

На командном пункте системы «Миссайл Мастер», размещающемся в двухэтажном здании размером в плане 63×63 *м*, кроме командира, осуществляющего общее руководство, имеется три группы основных операторов:

— операторы наблюдения и сопровождения целей;
— операторы управления огнем батарей;
— операторы опознавания.

В распоряжении операторов сопровождения имеются радиолокационные индикаторы кругового обзора и индикаторы «дальность—высота» для отображения воздушной обстановки, получаемой от центральной РЛС обнаружения и двух высотомеров, а также данных, получаемых от батарейных станций обнаружения. На экранах этих индикаторов отображаются данные о местонахождении цели в любой момент времени, ее скорости, принадлежности, о количестве самолетов в групповой цели и о важности цели, если она определена. Операторы наблюдают воздушную обстановку и осуществляют индентификацию всех целей в данном районе, сведения о которых получены от различных источников информации, в том числе и от системы «Сейдж» (рис. 8.9).

Для работы операторов управления огнем батарей используются индикаторы знаковой индикации типа «Диджитрон». На них с помощью цифр, букв и других знаков отображаются все необходимые данные о целях противника и огневом воздействии по ним. Эти операторы оценивают обстановку в ходе боя и контролируют распределение целей между батареями. Следя за выбором целей отдельными командирами батарей, операторы могут вмешиваться в действия этих командиров и назначить батареям другие, наиболее важные цели для их скорейшего уничтожения. Они же следят за тем, чтобы исключить излишнее дублирование огня, когда по отдельным целям сосредоточивается огонь нескольких батарей.

Операторы опознавания получают всю необходимую информацию о государственной принадлежности всех целей и, наблюдая за положением всех своих опознанных самолетов, сравнивают их с данными обстреливаемых батареями целей. Эти операторы имеют возможность в любой момент приостановить ведение огня по самолетам, в последнюю минуту опознанным как свои.

Общий вид зала, в котором размещены операторы с индикаторами, показан на рис. 8.10.

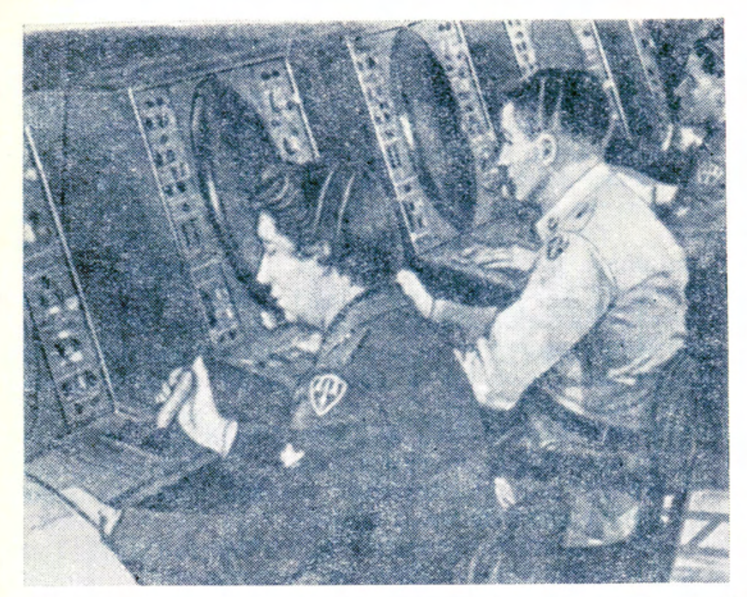


Рис. 8.9. Операторы обнаружения и сопровождения целей системы «Миссайл Мастер»

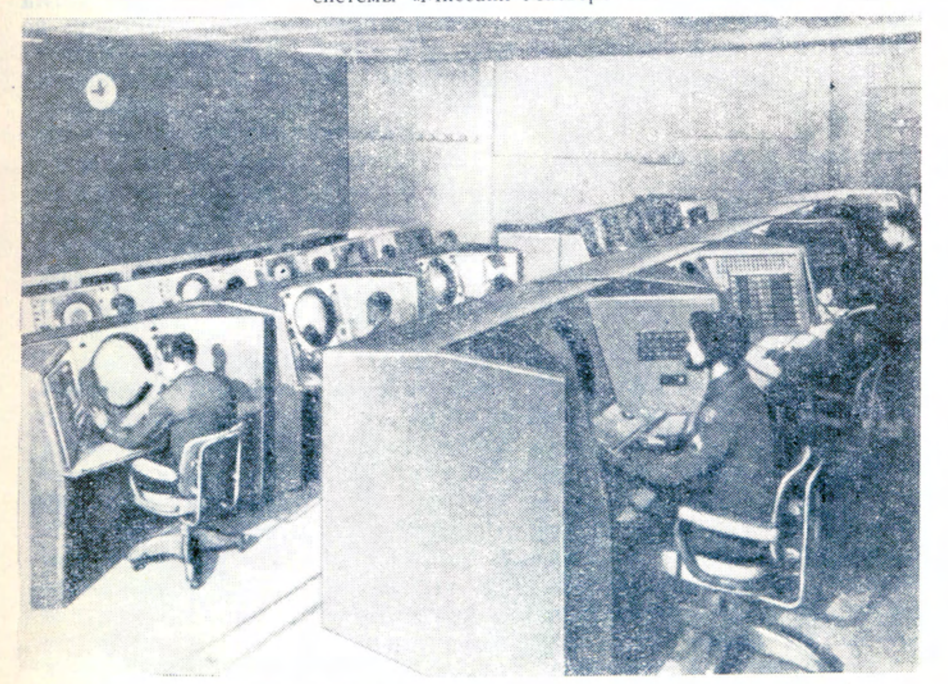


Рис. 8.10. Общий вид поста управления с индикаторными устройствами системы «Миссайл Мастер»

В обязанность командира батареи входит наблюдать на экране индикатора кругового обзора за воздушной обстановкой в районе своей батареи и контролировать ведение огня батарей. Поступающая из КП системы информация о целях, находящихся в секторе данной батареи, накладывается на изображение воздушной обстановки, получаемое от батарейной РЛС. На этом индикаторе отображаются также цели, обстреливаемые соседними батареями системы. Это обеспечивает командиров батарей достаточно полной информацией, необходимой им для правильного выбора целей для обстрела с учетом взаимодействия с другими батареями.

В системе «Миссайл Мастер» предусмотрено два режима работы батарей при выполнении своих задач: свободный выбор цели для обстрела или действия в соответствии с целеуказанием из командного пункта системы.

В печати сообщалось, что в настоящее время на территории США имеется восемь (по другим данным — девять) комплектов системы «Миссайл Мастер», которые установлены в районах расположения важнейших центров США.

Сообщалось также, что армия США предполагала объявить конкурс на лучший проект системы управления огнем батарей ЗУРС типа «Найк», которая имела бы бóльшую компактность и меньшую стоимость по сравнению с «Миссайл Мастер» и могла бы ее заменить. Дальнейших сведений по этому вопросу не имеется.

Глава 9

ДРУГИЕ СИСТЕМЫ ПВО США

§ 1. Резервная система ПВО США «Бюик»

Еще в процессе строительства системы «Сейдж», когда была установлена ее малая живучесть в условиях ракетно-ядерной войны, было предусмотрено создание резервной системы ПВО. Первоначально в качестве резервной системы решено было построить систему ПВО с неавтоматическим управлением, которая предусматривала создание на базе крупных радиолокационных узлов объединенных между собой центров управления, на которые возлагались бы некоторые дополнительные задачи по управлению средствами ПВО, например опознавание и наведение перехватчиков. После того как такая система была создана, ее решено было заменить полуавтоматической.

В 1962 г. командование ВВС США приступило к созданию вторичной континентальной полуавтоматической системы управления средствами ПВО BUIC (Back-up Intercept Control — поддерживающая система управления перехватом) для усиления и дублирования системы «Сейдж» в случае выхода последней из строя после удара межконтинентальными баллистическими ракетами.

Система «Бюик» является уменьшенным и упрощенным вариантом системы «Сейдж». Она после выхода из строя оперативных центров системы «Сейдж» будет обеспечивать наведение пилотируемых истребителей-перехватчиков и беспилотных перехватчиков «Бомарк», а также ЗУРС типа «Найк» при последующих налетах самолетов противника.

В системе «Бюик» будут использоваться те же радиолокационные средства, что и в системе «Сейдж», и те же линии связи «земля—воздух» (TDDL) для управления перехватом, однако в целом система будет менее автоматизирована и будет способна управлять меньшим количеством истребителей, выполняющих более ограниченные маневры, чем это делается в системе «Сейдж». В частности, в этой системе не предусматривается автоматическое возвращение своих истребителей-перехватчиков на базы.

Система «Бюик» не будет обеспечивать командиру выдачу такого количества данных и столь многих вариантов воздействия по цели, как в системе «Сейдж». В системе автоматически решается только задача перехвата и для самолетов-перехватчиков производятся вычисления курса цели, скорости и точки перехвата. Основные решения по ведению воздушного боя должен будет принимать командир.

Наведение беспилотных перехватчиков «Бомарк» в системе «Бюик» будет производиться так же, как и в системе «Сейдж». Для батарей ЗУРС «Найк» система будет выдавать данные о целях и их траекториях, а также рекомендации по ведению огня. Непосредственное управление огнем этих ЗУРС будет вестись с батарей.

Для повышения боевой устойчивости и надежности управления активными средствами в системе «Бюик» предполагается создать 34 оперативных центра, т. е. на 13 центров больше, чем в системе «Сейдж». Эти центры планируется совместить или разместить вблизи от существующих крупных радиолокационных узлов и в стороне от центров системы «Сейдж», важных объектов и густонаселенных районов. Новые оперативные центры предполагается оснащать надежной, испытанной в эксплуатации аппаратурой, а не оборудованием, находящимся еще в стадии исследований и разработок. В частности, сообщалось, что для системы «Бюик» ВВС США хотят применить новую электронную вычислительную машину на полупроводниках D-825, надежность которой, измеряемая средним временем безотказной работы, равна 180 *ч* (рис. 9.1).

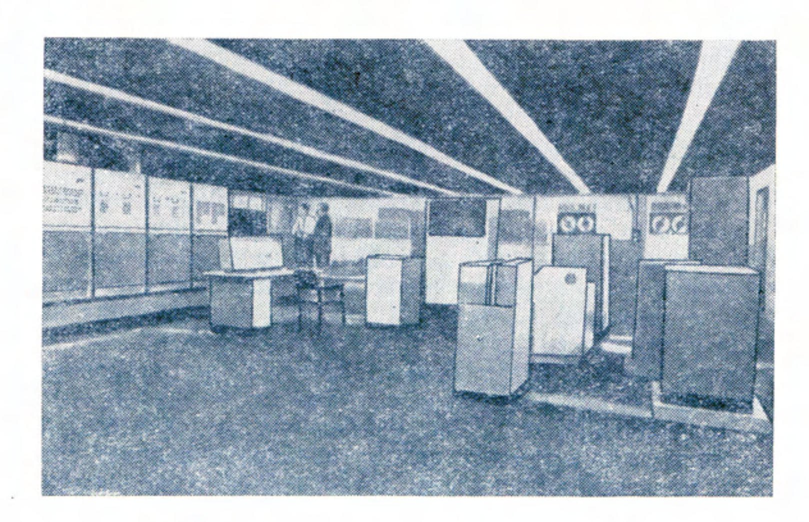


Рис. 9.1. Вычислительная машина D-825 для обработки данных в оперативном центре системы «Бюик»

Оперативные центры системы «Бюик» предполагается создать более защищенными, чем центры системы «Сейдж». Несколько центров системы должны были вступить в строй в конце 1963 г. Предполагалось все центры ввести в действие в самые короткие сроки.

Между системами «Сейдж» и «Бюик» будет происходить непрерывный обмен информацией с помощью специальных линий связи.

Предполагается, что система ПВО «Бюик» будет независимой от системы «Сейдж», но сможет контролировать ее работу.

В печати сообщалось, что для обеспечения еще большей надежности ПВО США в условиях термоядерной войны ведутся исследования и разработки по созданию еще одной дополнительной резервной системы ПВО, высокомобильной автоматизированной системы под названием «Трейс», которую называют «Сейдж на колесах». Эта система должна состоять из оперативных центров, оборудованных аппаратурой боевого управления стандартного типа, смонтированной в больших фургонах, которые будут передвигаться на заранее подготовленные позиции, затрудняя задачу противника по уничтожению системы ПВО.

§ 2. Местная система ПВО США «Берди»

Система ПВО «Берди» представляет собой значительно упрощенный, так называемый «карманный» вариант системы «Миссайл Мастер» (см. гл. 8, § 3), приспособленный к перевозке любым транспортом (рис. 9.2).

Система ПВО «Берди» является пунктовой и предназначается для защиты военных баз или городов с населением до 600 000 человек. Задачей системы «Берди» является координация действия батарей ЗУРС «Найк-Аякс» и «Найк-Геркулес» и обеспечение этих батарей необходимой информацией о самолетах противника.

Система «Берди» разработана и изготовляется в двух вариантах: AN/GSG-5(V) и AN/SC-6. Вариант AN/GSG-5(V) более полный и включает аппаратуру накопления и обработки данных о воздушной обстановке и радиолокационную станцию сопровождения цели «на проходе» — для возможности уточнения поступающих данных о целях на каждый момент. Этот вариант позволяет координировать огонь весьма большого количества батарей ЗУРС (рис. 9.3).

Вариант AN/SC-6 использует данные, выработанные вне системы средствами других систем ПВО, и может управлять огнем лишь небольшого числа батарей.

В состав любого варианта системы «Берди» входит аппаратура координации, состоящая из электронных вычислительных машин, пультов боевого управления, линий связи и передачи данных, а также ряд других устройств и источники питания.

Вся аппаратура системы, выполненная на транзисторах, размещается в трех стандартных армейских укрытиях площадью 5,5×2,4 *м* и высотой 2,25 *м*. Система может работать при температуре от —40 до +52° С и для установки на позиции не требует никакой подготовки.

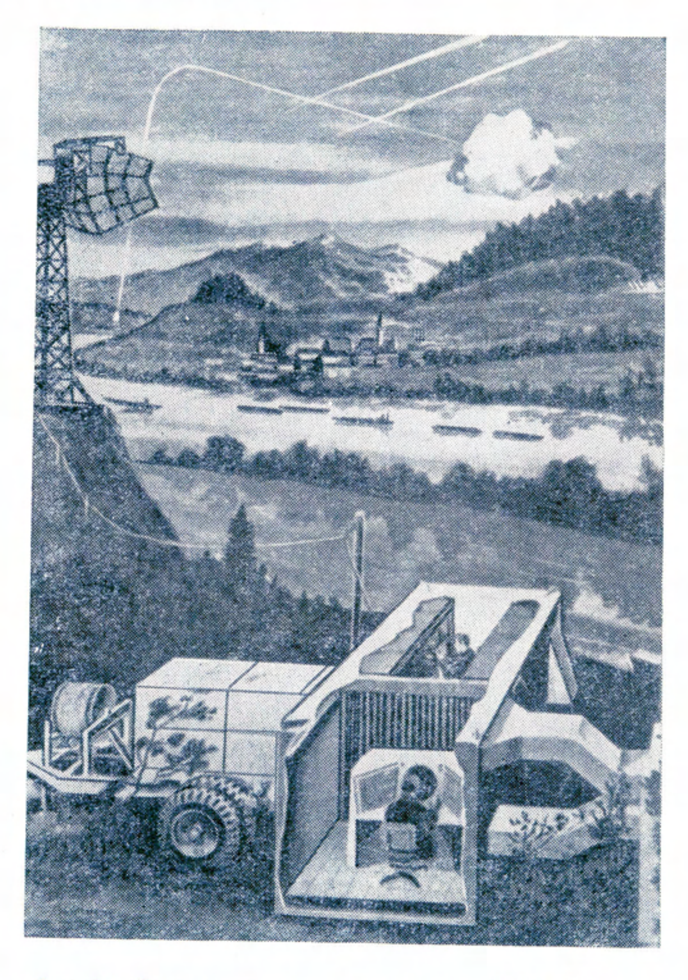


Рис. 9.2. Система управления средствами ПВО «Берди» на позиции

Оценка захваченных целей, опознавание и выделение целей батареям могут производиться как оперативным центром системы «Берди», так и вышестоящими командными пунктами. В последнем случае система получает данные о положении, курсе и скорости целей, а также их дополнительные характеристики и соответствующие данные передает на батареи. Для связи с вышестоящими инстанциями применяется аппаратура передачи данных типа А-1, для связи с батареями — типа AN/TSQ-8.

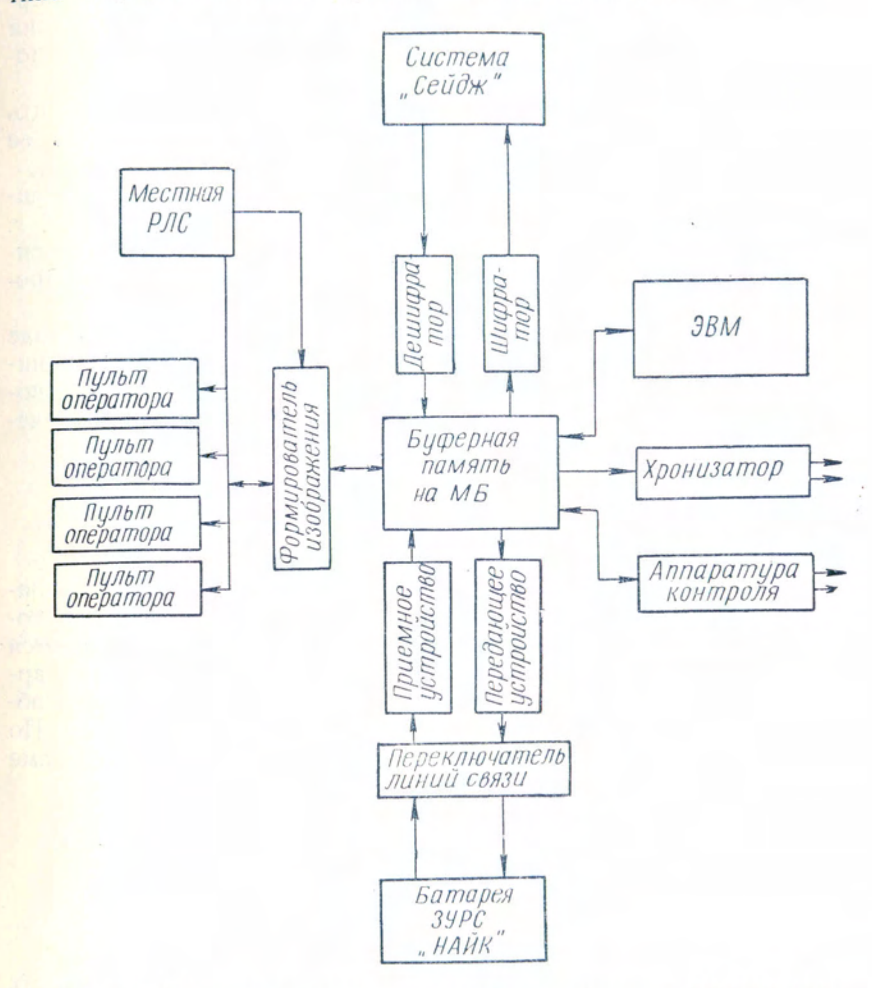


Рис. 9.3. Структурная схема системы «Берди» (вариант AN/GSG-5(V)

Основным преимуществом системы «Берди» является легкость привязки ее к любой местной системе ПВО, не требующей больших затрат. Все командные пункты системы «Берди» соединяются непосредственно с другими системами ПВО и со штабом «Норад» с помощью линий связи системы «Сейдж», образуя единый континентальный комплекс ПВО. При нарушении связей с вышестоящими штабами система может действовать автономно.

В Кромвелле (шт. Коннектикут) недавно введена в действие система «Берди» в варианте AN/GSG-5 (V). В нее входят три пульта операторов, устройства накопления и обработки информации, приемная и передающая аппаратура для подключения к системе «Сейдж», радиолокационные станции, батарейные мониторы и ряд других устройств.

Предполагается, что такой вариант системы может обеспечить действия средств ПВО на площади 260 *км*², но надежность ее (92,8%) недостаточна для таких систем управления огнем.

К концу 1961 г. в эксплуатации находились два комплекта системы «Берди» (на авиабазе Тернер и в форте Блисс). К 1964 г. на территории США установлено 18 действующих комплектов системы. Девятнадцатый комплект используется как тренировочный.

Каждый комплект системы «Берди» будет в 20 раз дешевле комплекта системы «Миссайл Мастер». Система «Берди» занимает в 30 раз меньше места, расходует в 20 раз меньше мощности и требует для своего обслуживания в 5 раз меньшее количество персонала.

§ 3. Войсковая система ПВО «Миссайл Монитор»

Система «Миссайл Монитор» (шифр AN/MSQ-4) предназначена для противовоздушной обороны района боевых действий полевой армии США. В качестве активных средств используются ЗУРС, а в более ранний период использовалась и зенитная артиллерия. Система полуавтоматическая, подвижная, приспособленная для транспортировки как по земле, так и по воздуху. По составу и принципу действия во многом подобна местной системе ПВО «Миссайл Мастер».

Система должна обеспечивать:

— сбор и обработку информации о воздушной обстановке;
— распределение целей между огневыми средствами;
— выдачу целеуказания подразделениям ЗУРС (и ЗА);
— координацию боевых действий подчиненных подразделений.

Система «Миссайл Монитор» состоит из следующих основных звеньев:

— командного пункта ПВО армии;
— оперативного центра и КП дивизиона;
— КП и аппаратуры управления огнем батареи.

Все элементы системы смонтированы в специальных фургонах-прицепах, приспособленных для перевозки (рис. 9.4).

В состав командного пункта ПВО армии входят: центральная трехкоординатная радиолокационная станция обнаружения типа «Фресканер» (AN/MPS-23), пост обработки радиолокационной информации и пост управления оружием (рис. 9.5).

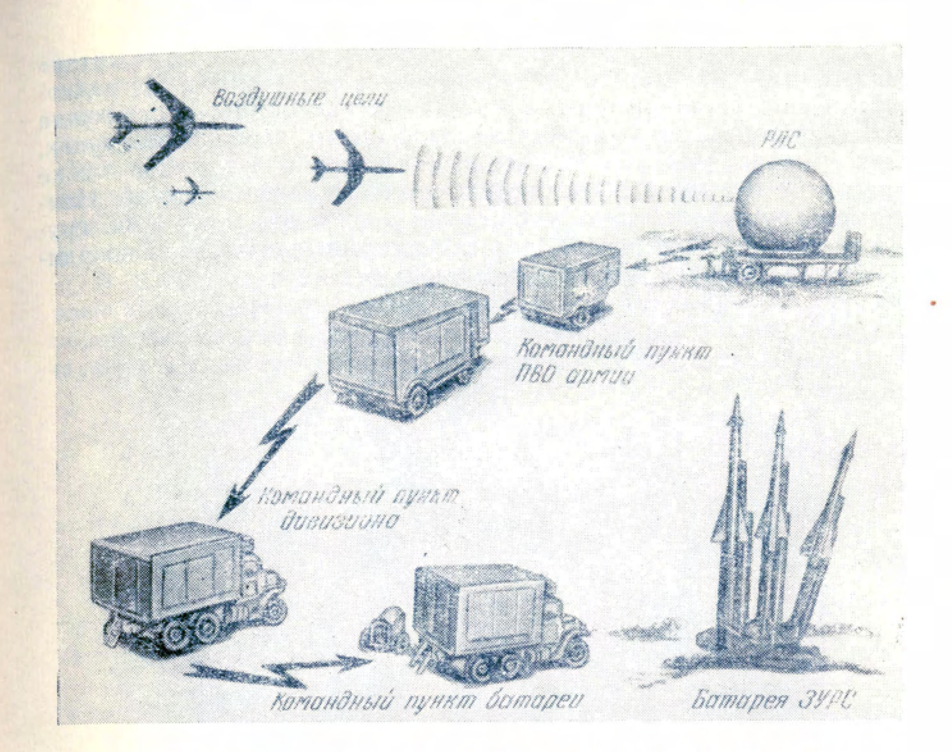


Рис. 9.4. Структурная схема войсковой системы ПВО «Миссайл Монитор»

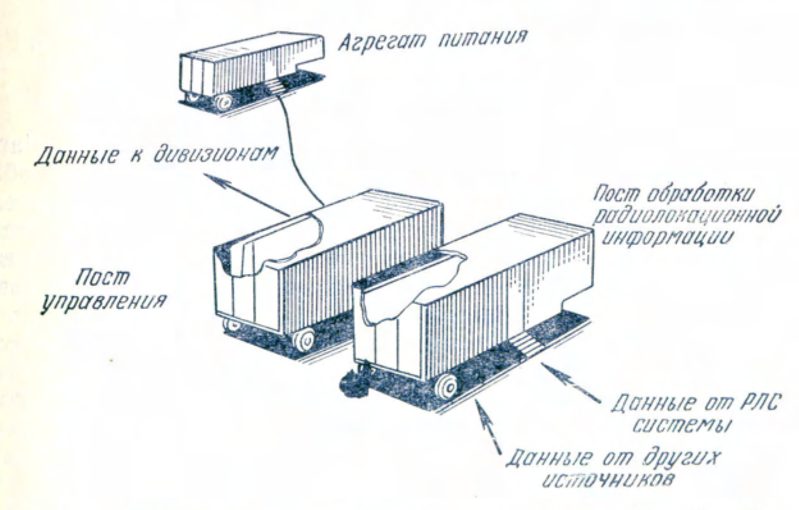


Рис. 9.5. Командный пункт ПВО армии в системе «Миссайл Монитор»

Источниками информации в системе «Миссайл Монитор» являются: РЛС дальнего действия «Фресканер» (рис. 9.6), радиолокационные станции разведывательных самолетов, передающие на КП информацию о целях, находящихся на дальних подступах, радиолокационные станции своих дивизионов и батарей, а также командные пункты ПВО фронта и соседних полевых армий. Наибольший интерес из всех этих источников представляет РЛС кругового обзора «Фресканер», позволяющая определять три координаты — дальность, азимут и угол места цели.

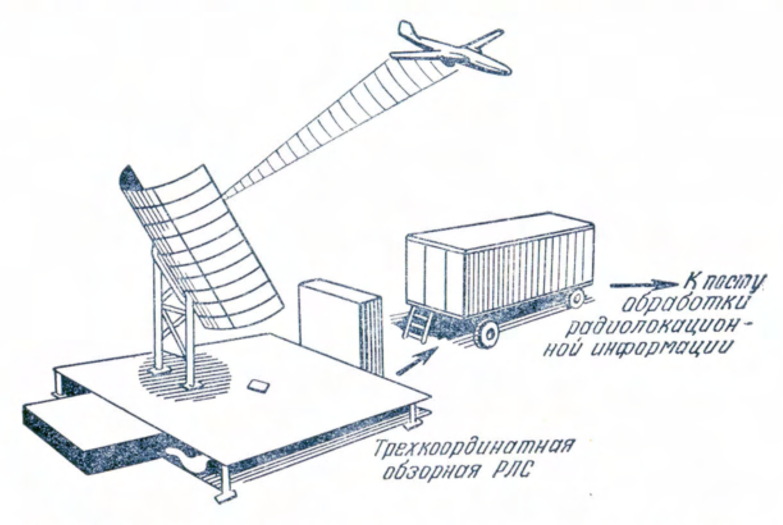


Рис. 9.6. Основной источник информации системы «Миссайл Монитор» — РЛС «Фресканер»

В «Фресканере» (сокращенно от Frequency Scanning Radar — частотно-сканирующий радиолокатор) отражатель антенны облучается несколькими облучателями, расположенными в вертикальной плоскости (рис. 9.7). За счет быстрого изменения относительной фазы волны, получающейся при изменении частоты передатчика, происходит электронное сканирование луча в вертикальной плоскости с высокой скоростью (несколько тысяч градусов в секунду). Это обеспечивает определение с высокой точностью углов места целей, попадающих в зону обзора станции. Положение луча по углу места программируется цифровым вычислительным устройством. Развертывание луча в горизонтальной плоскости осуществляется механически вращением антенны по азимуту.

В радиолокационной станции имеется два индикатора: индикатор кругового обзора, по которому определяется азимут и дальность цели, и индикатор «дальность—высота», позволяющий определять третью координату — высоту цели. Индикаторы оборудованы устройством съема координат с применением электронного маркера, который при совмещении с отметкой цели вырабатывает координаты цели. Совмещение маркера с отметкой цели производится оператором вручную сначала по индикатору кругового обзора, затем по индикатору «дальность—высота». При совмещении маркера с отметкой координаты цели автоматически вводятся в вычислительную машину.

В посту обработки данных установлена специализированная электронная вычислительная машина типа «Лоджикпак». Машина обрабатывает всю информацию о воздушной обстановке, поступающую от всех источников, и выдает ее на индикаторные устройства

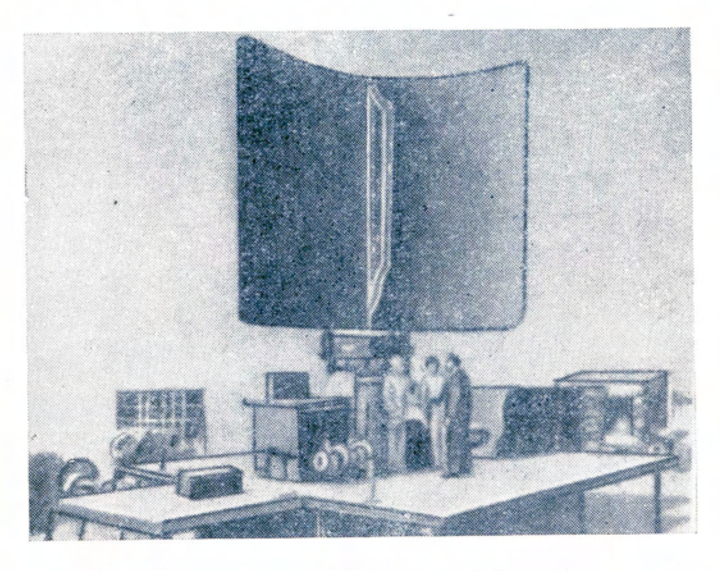


Рис. 9.7. Антенна трехкоординатной РЛС обнаружения «Фресканер»

операторов поста обработки данных и поста управления оружием для отображения. Машина производит оценку всех целей и распределяет их по подразделениям, входящим в систему. Различные цели на экранах индикаторов отображаются различными условными знаками (рис. 9.8). Когда какая-либо батарея получает определенную цель для огневого воздействия, на индикаторах операторов поста управления оружием прочерчивается светящаяся линия, соединяющая место дислокации батареи с отметкой цели.

Пост управления оружием ведет наблюдение за общей воздушной обстановкой и отдельными целями, выбранными для поражения. При необходимости, что бывает обычно при массированных

налетах авиации, командир или дежурный офицер может перераспределить цели между батареями или дать команду на прекращение огня.

Аналогичное отображение воздушной обстановки производится на индикаторах дивизионов и батарей системы. Это дает возможность каждому командиру, управляющему оружием, видеть картину воздушной обстановки и знать, по каким целям уже действуют активные средства ПВО, для того чтобы правильно выбрать ту цель, по которой должны действовать управляемые им средства.

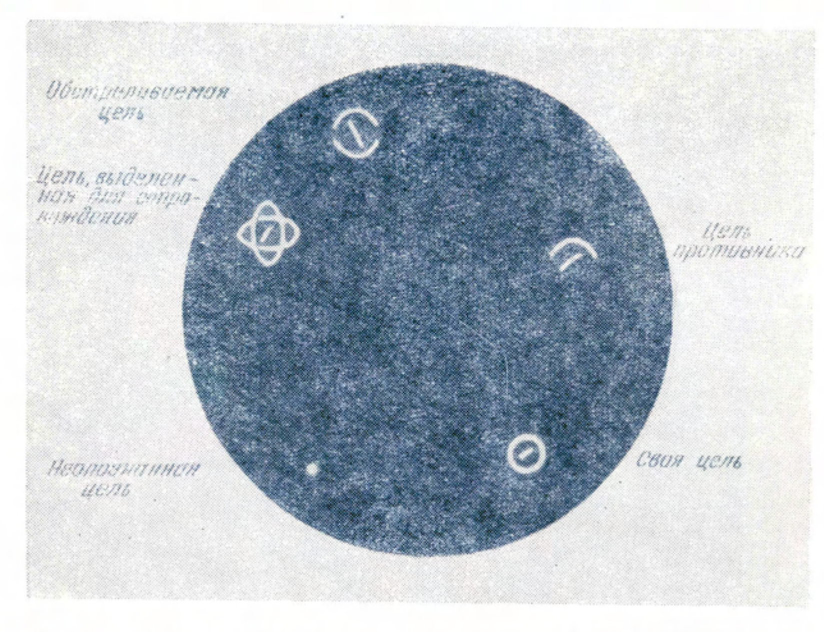


Рис. 9.8. Символы, используемые для характеристики отображаемых целей в системе «Миссайл Монитор»

Командный пункт (оперативный центр) дивизиона осуществляет координацию действия нескольких батарей и является связующим звеном между КП ПВО полевой армии и батареями ЗУРС (рис. 9.9). Основной задачей командного пункта дивизиона является обеспечение управления огнем своих батарей при нарушении связи с КП ПВО полевой армии или когда он действует самостоятельно. В последнем случае он полностью автономен и представляет собой отдельную систему, известную под шифром AN/MSQ-18.

Оперативный центр дивизиона получает информацию о воздушной обстановке от собственной радиолокационной станции обнаружения и радиолокационных станций батарей. Для обработки

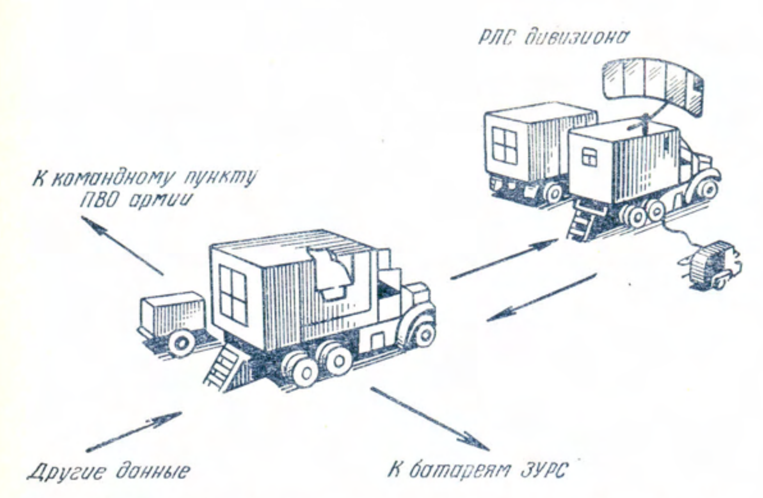


Рис. 9.9. Командный пункт дивизиона системы «Миссайл Монитор»

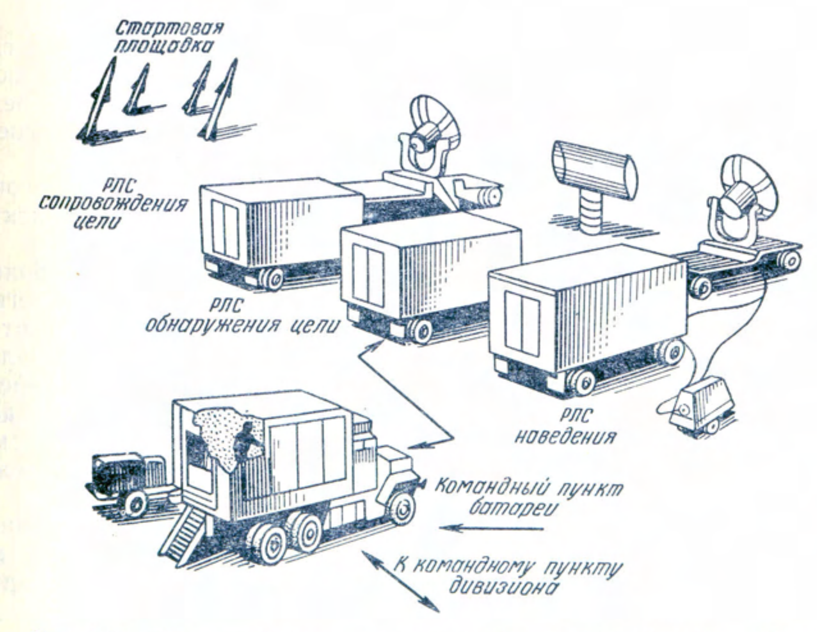


Рис. 9.10. Командный пункт и другое оборудование батареи «Миссайл Монитор»

данных воздушной обстановки, обмена информацией между батареями об обнаруженных и обстреливаемых целях используется электронная вычислительная машина типа «Минипак» (AN/TSQ-36), которая может работать как автономно, так и в системе «Миссайл Монитор». Оперативный центр дивизиона может действовать и в качестве вспомогательного командного пункта, выполняя при этом часть задач КП ПВО полевой армии.

На командном пункте батареи производится окончательный выбор цели для обстрела, осуществляется предстартовая подготовка ЗУРС к запуску, их предстартовая проверка, наведение на цель и другие операции, связанные с ведением огня (рис. 9.10). В состав аппаратуры управления огнем батареи входят: РЛС обнаружения, РЛС сопровождения цели, РЛС наведения ЗУРС.

Данные о целях, обстреливаемых батареей, передаются в оперативный центр дивизиона и затем на КП ПВО армии. Для этого каждая батарея в своем составе имеет узел связи, размещенный в фургоне.

Для обеспечения надежности и гибкости в боевых условиях некоторые из основных элементов системы дублируются.

§ 4. Войсковая система ПВО «Хелилифт»

Система ПВО «Хелилифт» (Helilift, шифр AN/TSQ-38) предназначается для координации огня размещенных на большой территории батарей ЗУРС. В 1962 г. принят на вооружение первый образец, который будет применяться для управления огнем батарей ЗУРС «Найк» и «Хоук».

Система AN/TSQ-38 аналогична монтируемой в автофургоне системе AN/MSQ-18, разработанной для применения в комплекте «Миссайл Монитор».

Аппаратура системы AN/TSQ-38 размещается в пяти или более пластмассовых обшитых алюминиевыми листами кабинах, легко транспортируемых с одной позиции на другую с помощью вертолета. В одной из кабин находится оперативный центр, а в остальных — аппаратура автоматической системы передачи данных, обеспечивающая передачу цифровой информации на разнесенные далеко друг от друга площадки запуска снарядов и обратно. Кроме того, в состав аппаратуры входит вспомогательная четырехпроводная система телефонной связи.

В оперативном центре командир армейского подразделения, получая данные об обстановке на каждой батарее, наблюдает за общей воздушной обстановкой и указывает цели батареям снарядов «Найк» или «Хоук».

Аппаратура системы AN/TSQ-38 выполнена из миниатюрных блоков жесткой конструкции, благодаря этому система характеризуется высокой подвижностью и легкостью обслуживания.

§ 5. Войсковая подвижная система ПВО «Маулер»

Система «Маулер» предназначена для ПВО передовых подразделений сухопутных войск, а также может быть использована в морских и воздушно-десантных операциях и представляет собой компактную и высокомобильную систему управления огнем ЗУРС. Эта система сможет обнаруживать и поражать низко летящие самолеты и вертолеты, самолеты-снаряды и некоторые тактические неуправляемые баллистические ракеты типа «Онест Джон» и «Литтл Джон».

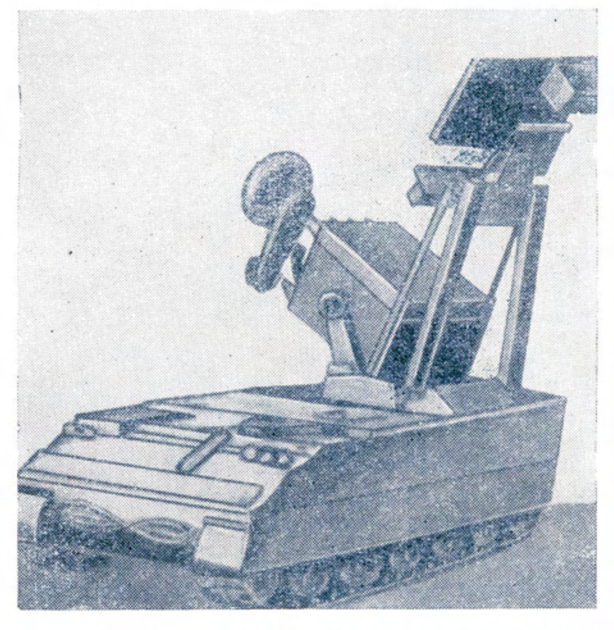


Рис. 9.11. Система ПВО «Маулер» в боевом положении

Система «Маулер» разрабатывается в США совместно с Канадой с начала 1960 г. В 1963 г. был закончен технический макет системы. Все оборудование системы будет смонтировано на одном плавающем гусеничном бронетранспортере типа М-113, который может двигаться со скоростью 65 *км/ч*. Вес всей системы 11,3 *т* (рис. 9.11, 9.12).

Основными элементами, входящими в состав армейского варианта системы «Маулер», являются: радиолокационные станции обнаружения и сопровождения цели, устройство для пассивного поиска в инфракрасном диапазоне, счетно-решающие устройства, аппаратура управления огнем, пусковая установка на 12 ракет, средства связи, источники питания и другое вспомогательное оборудование.

Независимые радиолокационные станции обнаружения и управления огнем дают возможность обстреливать одновременно несколько целей и быстро изменять направление стрельбы. Дальность действия системы порядка 13 *км*.

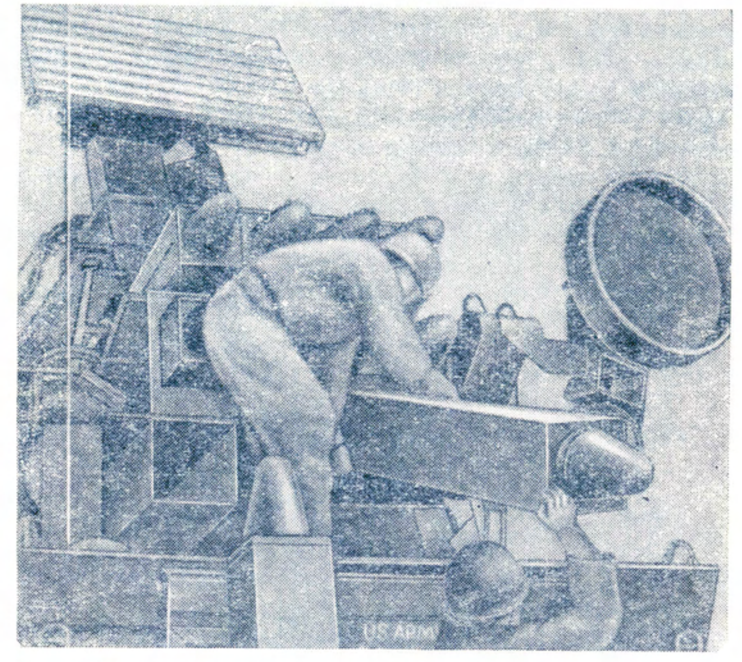


Рис. 9.12. Загрузка пусковой установки системы «Маулер» ракетами

Антенны радиолокационных станций смонтированы на стабилизированной платформе, что позволяет вести управление огнем на ходу. Предусмотрено устройство для подъема и спуска антенной мачты.

Обнаружение и захват целей производятся автоматически при минимальном участии оператора. При обнаружении цели данные с радиолокационной станции обнаружения поступают на ЭВМ управления пусковой установкой, которая приводит последнюю в состояние готовности. После захвата цели станцией сопровождения данные от нее поступают на другую вычислительную машину, связанную функционально с ЭВМ управления пусковой установкой, для расчета параметров траектории цели. ЭВМ управления пусковой установкой после захвата цели превращается в предпусковое вычислительное звено, соединяющее радиолокационную станцию сопровождения и пусковую установку. Эта ЭВМ подает на снаряды предпусковые сигналы и в определенный момент выдает команду «Огонь». Эта команда может также подаваться оператором с его пульта управления.

Пульт управления, обе ЭВМ и связная аппаратура размещены в отсеке оператора, откуда контролируется действие системы. В двух других отсеках размещается остальное оборудование.

Система передачи данных, выполненная на транзисторах, малогабаритна; она обеспечивает телефонную связь и обмен данными между различными установками системы и командным пунктом батареи.

При разработке радиоаппаратуры системы большое внимание уделялось вопросам надежности и компактности. Поэтому широко использовались герметизированные, легко заменяемые блоки на микроэлементах с многосторонними печатными схемами и полосковые линии, позволившие исключить контактные кольца и вращающиеся сочленения обычных волноводных линий.

Снаряд «Маулер» имеет радиолокационную систему наведения и не представляет собой ничего нового с точки зрения компоновки. Вес снаряда около 55 *кг*. Для хранения и транспортировки снаряд помещается в легкий контейнер, служащий пусковой трубой на пусковой установке.

Особенностью системы является полная ее автономность, высокая мобильность и аэротранспортабельность. Весь комплекс системы «Маулер» может перевозиться самолетом и сбрасываться с парашютом. При воздушной транспортировке антенная мачта полностью убирается внутрь бронированного вездехода. При форсировании водных рубежей и движении по пересеченной местности система находится в постоянной боевой готовности.

Сообщалось, что при разработке системы наведения «Маулер» встретились трудности в отношении надежности. Состояние работ пересматривается и до разработки более совершенного варианта решено провести серию интенсивных испытаний. Предполагается, что разработка этой системы может продлиться до конца 1967 г.

Одновременно ВМФ США приступил к разработке корабельного варианта системы «Маулер», которая будет названа «Си Маулер». Предполагается, что это будет автономная система со своими собственными радиолокационными станциями обнаружения и сопровождения цели, счетно-решающими устройствами, снарядами и пусковыми установками и должна использоваться для вооружения легких боевых судов и амфибий. Система «Си Маулер» будет, вероятно, использоваться для защиты от низко летящих самолетов и ракет, которые проникнут через зону действия других средств ПВО.

§ 6. Тактическая система ПВО для внешних театров военных действий 412L

Автономная полуавтоматическая система управления силами и средствами ПВО 412L предназначена для использования смешанными ударными авиационными группами тактического авиационно-

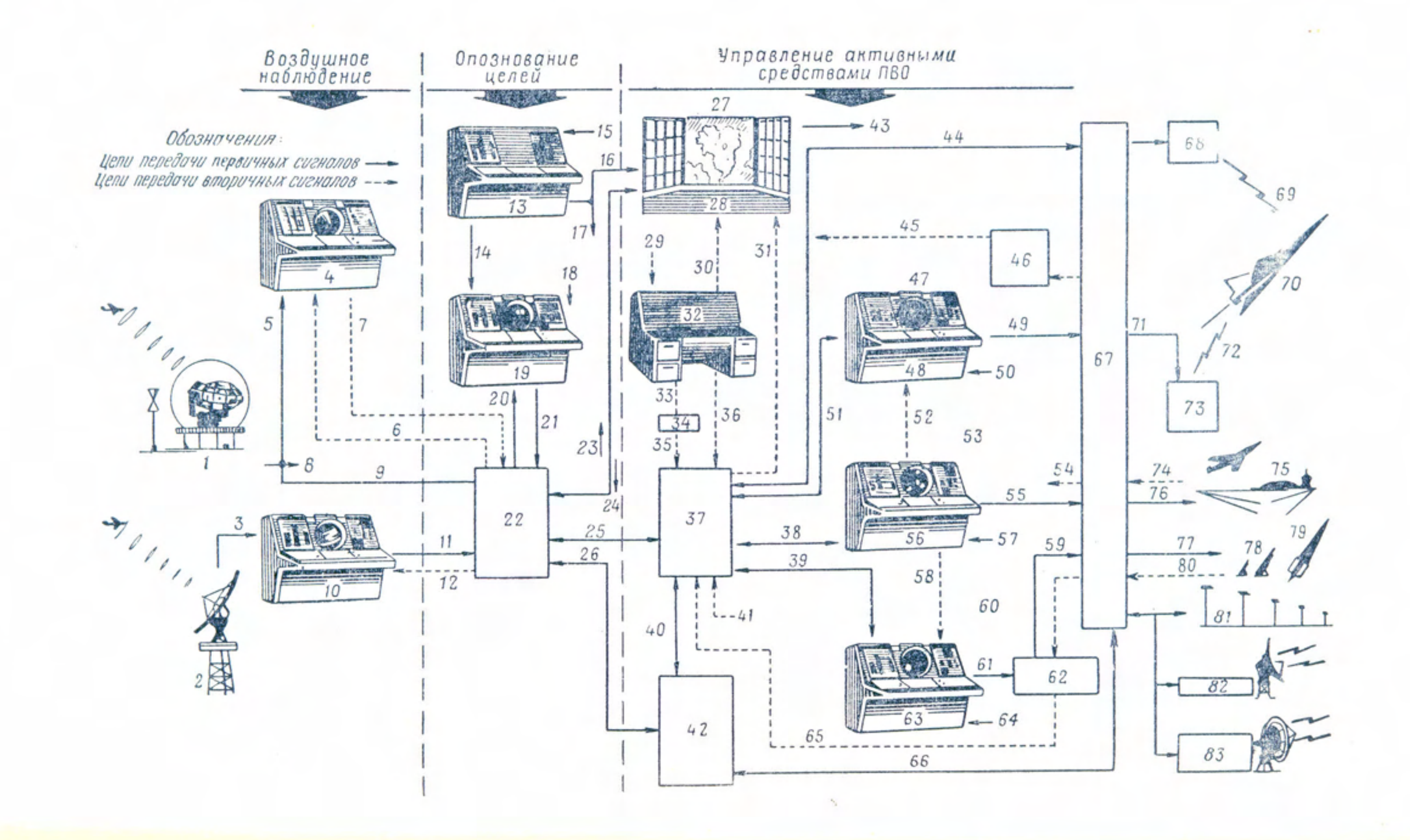


Рис. 9.13. Функциональная схема тактической системы ПВО 412L:

1 — РЛС обнаружения; *2* — радиолокационный высотомер; *3* — данные о высоте цели; *4* — индикатор воздушной обстановки; *5* — видеосигналы от РЛС; *6* — видеосигналы и данные сопровождения; *7* — ввод данных сопровождения (вспомогательные данные и команды); *8* — видеосигналы к другим пультам; *9* — данные о местоположении цели и сигналы ответчика; *10* — индикатор высоты; *11* — ввод данных сопровождения (количество целей, высота и местоположение); *12* — запрос данных о высоте; *13* — пульт географических данных; *14* — данные планов полетов; *15* — планы полетов; *16* — географические данные; *17* — географические данные к другим пультам; *18* — видеосигналы от РЛС; *19* — индикатор оператора опознавания; *20* — данные автоматического опознавания; *21* — ввод данных сопровождения (данные опознавания); *22* — устройство сопровождения целей; *23* — положение сопровождаемых целей и дополнительные характеристики; *24* — данные о целях и своих самолетах, информация о перелетах в другой сектор; *25* — данные сопровождения отобранных целей; *26* — данные сопровождения; *27* — оценка обстановки и управление боем; *28* — отображение воздушной обстановки и состояния боевых средств; *29* — данные о погоде и состоянии боевых средств (от коммутационного поста); *30* — данные о состоянии боевых средств; *31* — первоначальные данные о погоде и боевой готовности активных средств; *32* — пульт индикации состояния боевых средств; *33* — данные о состоянии боевых средств; *34* — телетайп; *35* — данные о состоянии боевых средств; *36* — ввод данных о состоянии боевых средств; *37* — ЭВМ наведения; *38* — предварительные решения о перехвате, данные о взаимодействии средств перехвата; *39* — задачи армейских средств состояния батарей, данные сопровождения; *40* — передаваемые данные; *41* — данные о боеготовности «Бомарк» (с узла связи); *42* — линия передачи данных между боевыми позициями; *43* — команды боевому расчету; *44* — предпусковые команды и команды наведения; *45* — данные о боеготовности «Бомарк» (на ЭВМ наведения); *46* — узел связи «Бомарк»; *47* — управление боевыми средствами ВВС; *48* — пульт управления боевыми средствами; *49* — устные команды; *50* — видеосигналы от РЛС; *51* — решения по перехвату и данные наведения; *52* — распределение задач; *53* — распределение боевых средств; *54* — данные о погоде и состоянии боевых средств (на пульт индикации); *55* — команды на вылет по тревоге; *56* — пульт управления боевыми средствами; *57* — видеосигналы от РЛС; *58* — распределение задач; *59* — задачи армейских средств; *60* — управление армейскими боевыми средствами; *61* — задачи армейских средств; *62* — линии связи с батареей; *63* — пульт управления армейскими боевыми средствами; *64* — видеосигналы от РЛС; *65* — состояние боеготовности армейских боевых средств и управление полетом; *66* — закодированные данные сопровождения и управления боевыми средствами; *67* — коммутационный пост; *68* — пункт наведения истребителей; *69* — команды наведения; *70* — истребитель-перехватчик; *71* — устные команды; *72* — устные команды; *73* — радиостанция «земля — воздух — земля»; *74* — данные о погоде и состоянии боевых средств; *75* — авиабаза; *76* — команды на вылет по тревоге; *77* — задачи армейских средств; *78* — позиции ЗУРС «Найк» и «Хоук»; *79* — ЗУРС «Найк» и «Хоук»; *80* — состояние боеготовности армейских боевых средств и управление полетом; *81* — двусторонняя передача данных по телефону, телетайпу и цифровых данных на другие огневые позиции; *82* — микроволновая станция связи; *83* — тропосферная станция связи

го командования и ВВС США на театрах военных действий, находящихся вне континентальной части США.

Система должна обеспечивать управление как пилотируемыми, так и беспилотными средствами ПВО (ЗУРС типа «Бомарк», «Найк» и «Хоук»).

Тактическая система ПВО 412L состоит из следующих основных элементов (рис. 9.13): радиолокационных средств для сбора информации о воздушной обстановке, аппаратуры обработки и отображения данных, связной аппаратуры для передачи данных, аппаратуры управления активными средствами ПВО и вспомогательного оборудования (агрегаты питания, кабели, средства укрытия и др.).

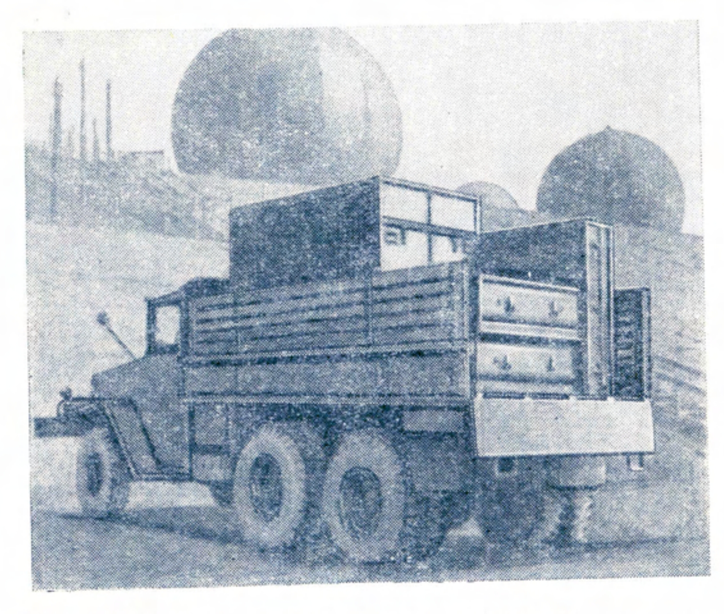


Рис. 9.14. РЛС дальнего обнаружения AN/TPS-22 на позиции перед развертыванием

Радиолокационные станции обеспечивают обнаружение, определение координат и опознавание целей. Большая дальность обнаружения целей обеспечивается станцией AN/TPS-22 (рис. 9.14) с антенной, укрытой надувным обтекателем. Опознавание осуществляется с помощью аппаратуры «свой — чужой» (IFF или SIF).

В системе используется также трехмерная радиолокационная станция средней дальности действия AN/TPS-27 (рис. 9.15). Характерной особенностью этой станции является то, что в ней применена надувная антенна типа «Paraballon» с основным размером в 9 *м*, которая в свою очередь помещается в надувном обтекателе диаметром 15 *м*. Надувная антенна, выполненная с большой точ-

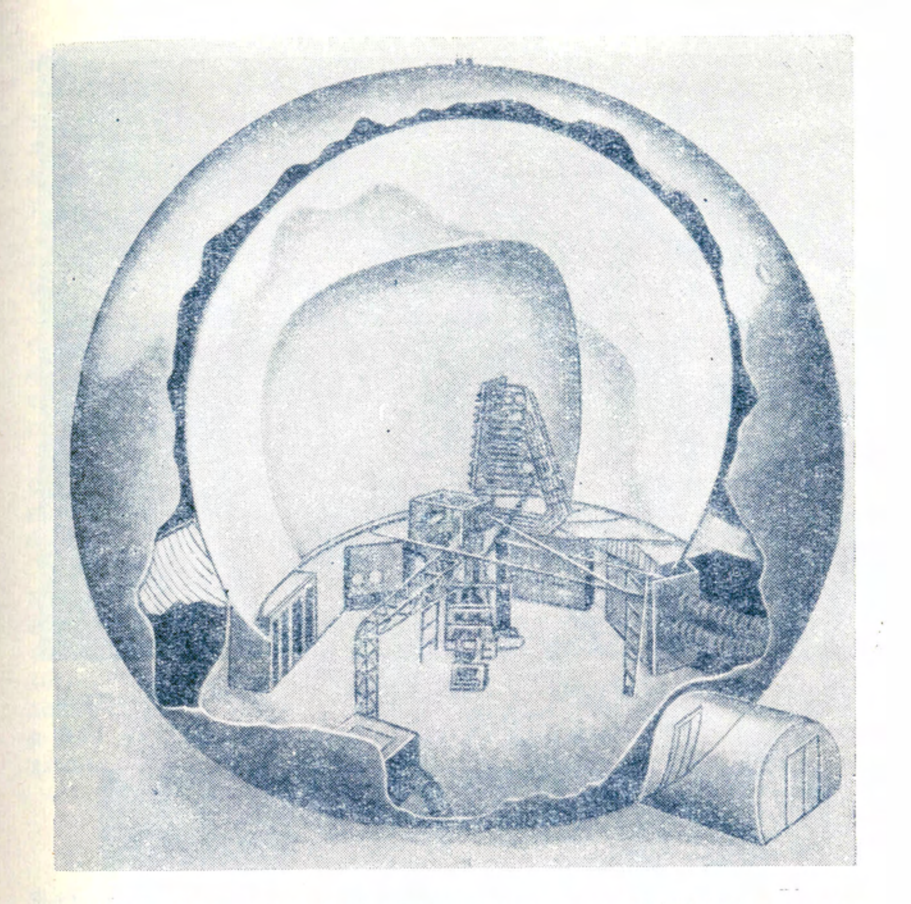


Рис. 9.15. Трехмерная РЛС сопровождения цели AN/TPS-27 в системе ПВО 412L

ностью для получения одновременно данных о дальности, азимуте и высоте цели, формирует многоярусную диаграмму направленности. В системе предусмотрена возможность использования данных от других радиолокационных станций, уже действующих в районе боевых операций.

Для обработки и отображения всей информации о воздушной обстановке используется аппаратура AN/GPA-73. Аппаратура решает задачу перехвата и выдает командованию необходимые данные для выбора наиболее эффективного средства поражения. Боевая готовность всех средств ПВО отображается на больших табло с разноцветной индикацией. На большом настенном экране на фоне карты местности отображается общая картина боевой обстановки в районе боевых действий в нескольких цветах с помощью символов и буквенно-цифровых обозначений. С помощью пультов боевого

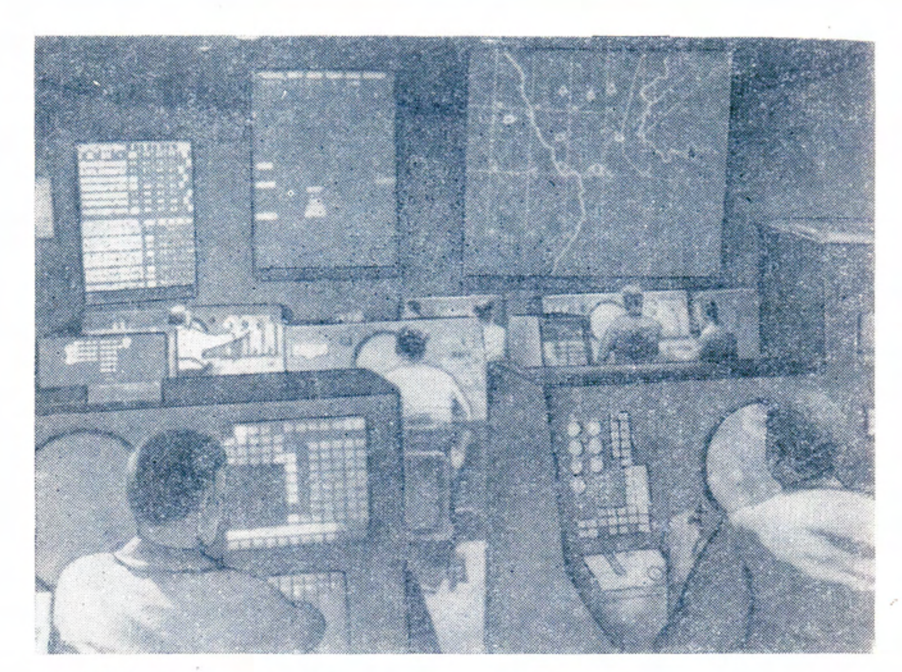


Рис. 9.16. Аппаратура отображения и пульты боевого управления системы ПВО 412L

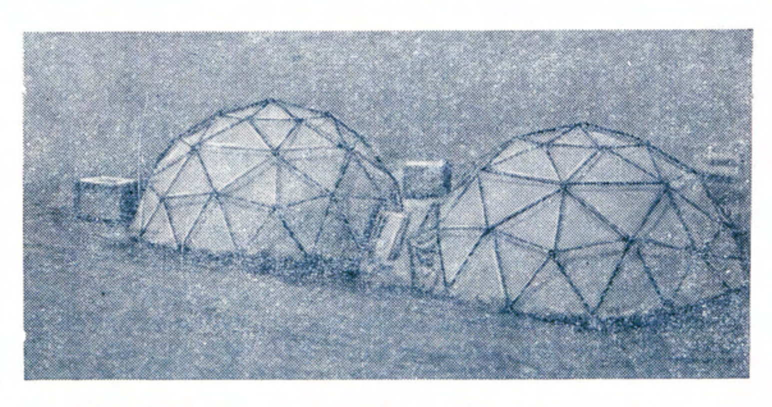


Рис. 9.17. Пост управления и другое оборудование системы ПВО 412L в укрытиях

управления, установленных на командном пункте, осуществляется распределение целей, наведение истребителей-перехватчиков на цель, возвращение их на свои базы и общая координация боевых действий (рис. 9.16).

Для передачи данных между оперативными центрами системы (в европейском варианте предполагается до 10 центров) или соседним системам служат радиолинии тропосферной связи, в которых используются радиостанции AN/TPS-66 и AN/TPS-66A и аппаратура уплотнения каналов связи AN/FCC-17. В линиях связи «земля—воздух—земля» применяются станции УКВ типа AN/TPS-87 мощностью излучения 100 *вт*. Последние применяются также для управления ракетами и другим оружием.

Система предполагалась для использования на ограниченных театрах военных действий. Однако в ней предусмотрена возможность наращивания емкости до большой системы управления средствами ПВО на большой площади или на всем континенте. Для обеспечения мобильности и возможности использования в любых климатических условиях (от арктических до тропических) система смонтирована в автоприцепах, снабжена укрытиями (рис. 9.17) и оборудованием для охлаждения воздуха.

Время приведения системы из исходного положения в боевое около 4 *ч*. (По другим данным, для развертывания радиолокационной станции AN/TPS-22, размещаемой в пяти автоприцепах, требуется 6 *ч*.)

Из трех первоначально заказанных комплектов системы 412L два мобильных предполагается держать в готовности на авиабазах США для переброски в любой момент по воздуху в распоряжение командования тактической авиации и ВВС США в зоне Тихого океана, а третий, стационарный, предназначается для командования ВВС США в Европе (с установкой предположительно в ФРГ на КП, защищенном от ядерных ударов). По более поздним данным, ВВС США уже поставлено 18 комплектов системы.

§ 7. Тактическая система ПВО «Токс»

Система «Токс» (TAWCS — Tactical Air Weapons Control System — система управления тактическим авиационным оружием) разработана фирмой «Хьюз Эйркрафт» для использования в основном в двух вариантах:

1) в качестве самостоятельной полной системы ПВО — при применении обычных истребителей-перехватчиков;

2) в качестве только системы обнаружения, опознавания и целеуказания при совместной работе с другими неукомплектованными системами ПВО или при совместной работе с бортовой системой навигации и управления огнем «Таран» — при применении истребителей-бомбардировщиков, оборудованных этой системой.

Система создана на базе стандартного оборудования, ранее разработанного данной фирмой для других систем и уже проверенного в эксплуатации, благодаря чему стоимость системы небольшая.

Система «Токс» в полном варианте состоит из следующих элементов: трехмерных радиолокационных станций обнаружения, постов обработки радиолокационных данных (радиолокационных постов сопровождения), устанавливаемых на месте расположе-

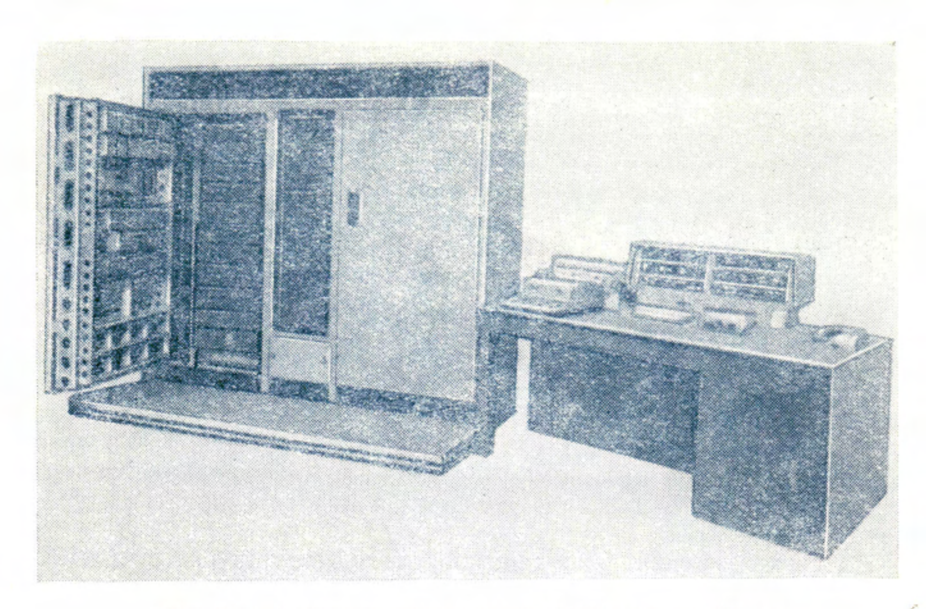


Рис. 9.18. Вычислительная машина Н-330 системы «Токс»

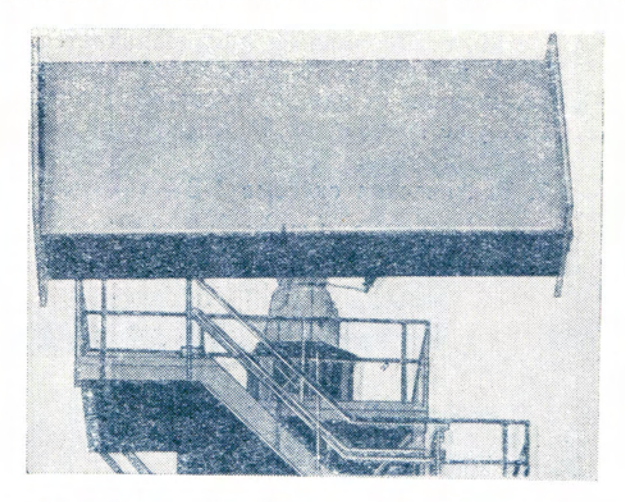


Рис. 9.19. Трехмерная антенна РЛС дальнего обнаружения системы ПВО «Токс»

ния РЛС, оперативного центра управления, оборудованного электронной вычислительной машиной Н-330 (рис. 9.18) и аппаратурой отображения, устройств сопряжения и линий передачи данных. В зависимости от создавшейся ситуации система «Токс» может использоваться в различной комплектации ее основных элементов. Все элементы системы транспортабельны.

Основным источником информации в системе является трехмерная радиолокационная станция обнаружения, которая обеспечивает мгновенную выдачу точных данных о дальности, азимуте и высоте всех целей, находящихся в зоне ее действия. Станция имеет одну антенну (рис. 9.19), которая излучает один узкий луч, сканирующий в вертикальной плоскости. Сканирование луча производится электронным способом — за счет изменения частоты передатчика. Развертывание луча по азимуту осуществляется механически вращением антенны. Антенна не имеет обтекателя и рассчитана на работу при силе ветра 120 *км/ч*; она разработана на базе антенн РЛС AN/SPS-39A (Frescan) и РЛС AN/SPS-32—33 (Scanfar).

Станция обнаружения, по заявлению представителей фирм, является станцией с высокими тактико-техническими данными: она имеет малый вес, большую мощность излучения и обеспечивает нормальную работу в условиях сильных помех. Станция работает в трех основных режимах: нормальном, режиме селекции движущейся цели и в режиме постоянной частоты повторения импульсов (для синхронизации с бортовой РЛС сопровождения и управления огнем).

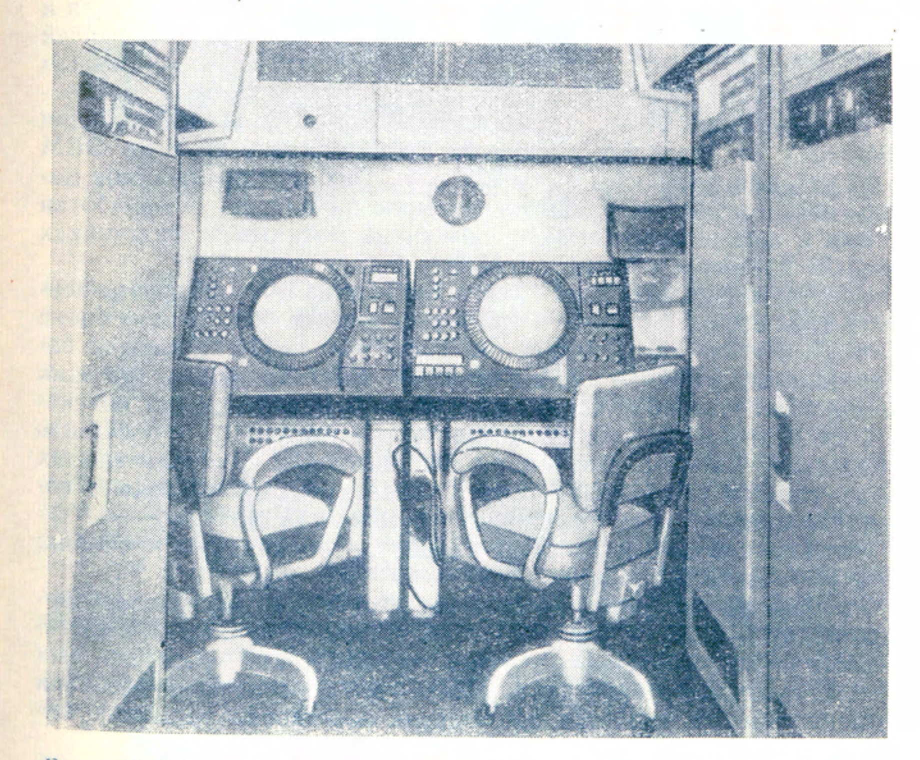


Рис. 9.20. Внутренний вид радиолокационного поста сопровождения системы «Токс»

В систему обработки данных выдаются радиолокационные эхо-сигналы, сигналы аппаратуры опознавания (поступающие по отдельному каналу), сигналы о положении антенны, синхроимпульсы и сигналы о ненормальностях в работе станции.

В радиолокационном посту сопровождения (Radar Tracking Station) производится оперативная обработка радиолокационных данных всех обнаруженных и сопровождаемых целей. Пост оборудован вычислительной машиной Н-330 и пультами управления с индикаторами кругового обзора (рис. 9.20). В запоминающем устройстве машины поста хранятся необходимые каталожные данные о месте расположения станции, скоростях и высотах полета вероятных целей противника и т. п. Сигналы опознавания используются для предварительного определения госпринадлежности. Применение техники расщепления луча позволяет одновременно пеленговать станции помех и обеспечивать их нейтрализацию. Возможность запоминания траекторий целей, полученных от соседних средств оповещения, предотвращает излишнее дублирование работы аппаратуры сопровождения целей.

Обработка данных в радиолокационном посту сопровождения и в оперативном центре системы производится быстродействующей универсальной вычислительной машиной Н-330 с программным управлением, работающей в реальном масштабе времени. Быстродействие машины Н-330 намного больше, чем у типовых машин ПВО: ряд стандартных операций, производимых другими ЭВМ за 0,1 *сек*, она выполняет за 0,02637 *сек*. Такое быстродействие машины достигается благодаря применению параллельной обработки данных в логических схемах и памяти на магнитных сердечниках с малым временем обращения (1,84 и 0,45 *мксек*).

Конструктивно машина Н-330 выполнена из модулей, размещенных в трех стойках. Имеются три блока памяти. В основном блоке памяти имеются две независимые системы памяти: одна для записи данных, другая — для инструкций. Емкость каждой из этих систем более чем 4000 слов. Каждый блок памяти может обеспечить сопровождение одновременно до 500 целей и осуществить управление 100 перехватчиками. Подключение дополнительных блоков памяти увеличивает емкость памяти каждой системы в восемь раз и значительно расширяет возможности системы.

Машина собрана полностью на полупроводниковых приборах; рабочая частота 2,2 *Мгц*.

Аппаратура отображения системы «Токс» состоит из операторских пультов боевого управления, командного пульта, вспомогательного пульта, большого экрана, табло и таких устройств, как электроокуляры, которые устанавливаются на голове оператора и применяются для удобства наблюдения обстановки на экране индикатора (рис. 9.21).

В системе применяются однотипные пульты боевого управления с индикаторами кругового обзора с диаметром экрана 30 *см*

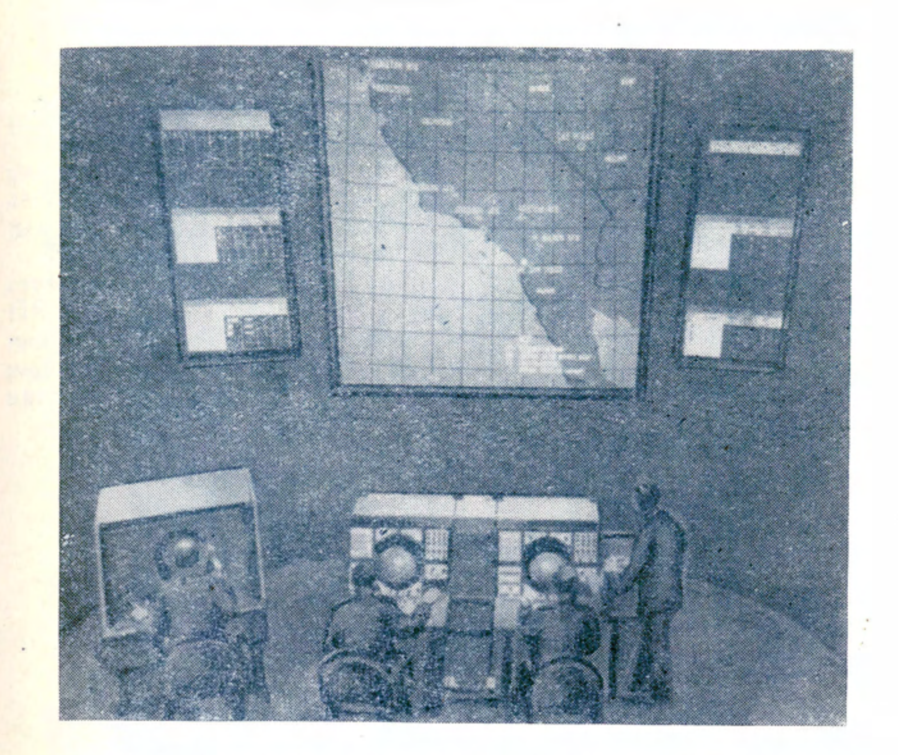


Рис. 9.21. Аппаратура отображения и пульты боевого управления системы «Токс»

(рис. 9.22), которые для выполнения различных функций переключаются на другой режим работы. Пульты управления позволяют операторам получать данные от ЭВМ и непосредственно от РЛС, а также вводить данные в систему. На индикаторах с помощью обычных видеосигналов и различных символов могут отображаться общая воздушная обстановка и различные характеристики сопровождаемых целей (категория и тип цели, код опознавания, размер налета и т. п.). В другом режиме может быть обеспечена прокладка курса цели с изображением ее вектора скорости, отображение назначенных средств поражения с направлением их полета, их радиусами действия, с указанием времени до встречи и другими данными. Аппаратура позволяет отображать и географические данные: обороняемый район, воздушные коридоры, патрульные посты и пр. Имеется возможность рассматривать отдельные ситуации в увеличенном масштабе и вести наблюдение за спаренными объектами.

Командный пульт управления придается командиру для обеспечения окончательного опознавания целей, назначения оружия и выполнения других командных функций.

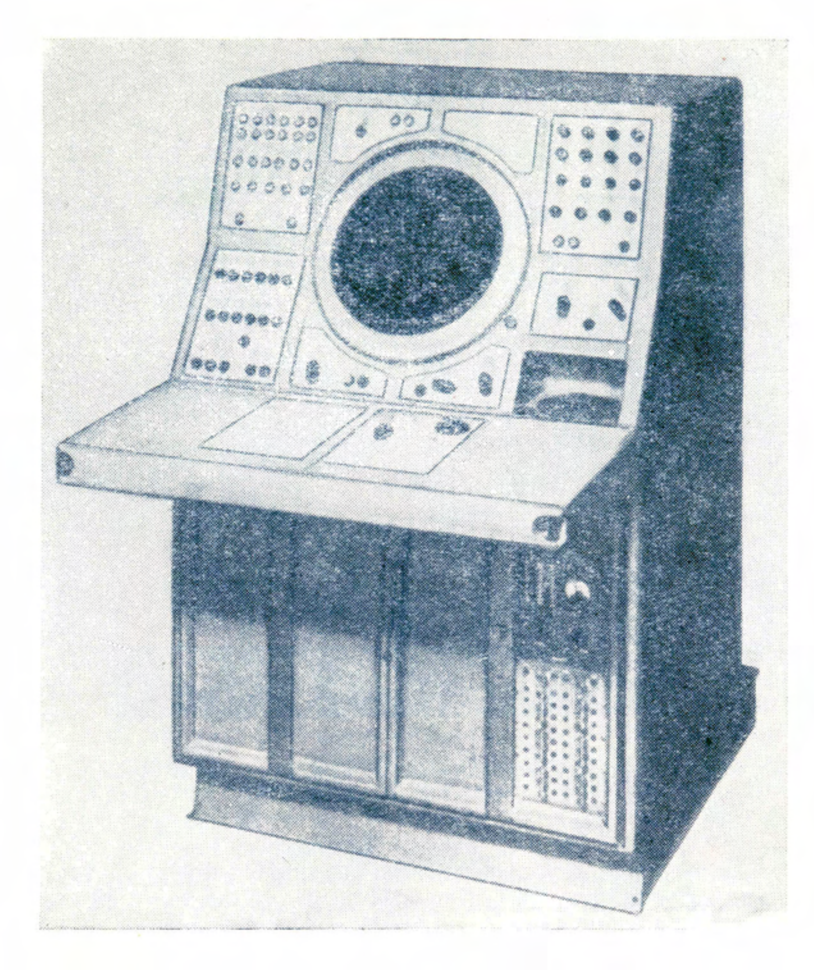


Рис. 9.22. Пульт боевого управления с индикатором воздушной обстановки в системе «Токс»

Вспомогательный пульт служит для отбора и выдачи тактической информации, отображаемой на большом экране. Отобранная информация с помощью оптических средств проецируется на большой прозрачный экран сзади.

На большом экране размером 3×3 *м* на фоне карты местности отображается динамическая воздушная обстановка в буквенно-цифровой символической форме в семицветном коде. Благодаря скоростной обработке пленки смена отображаемых данных на экране обеспечивается через каждые 10—15 *сек*.

На табло, установленных справа и слева от большого экрана, отображается состояние боевых средств (авиабаз, истребителей,

управляемых снарядов класса «воздух—воздух») на различных пунктах дислокации и метеоданные.

Аппаратура передачи данных Н-270 осуществляет передачу информации по обычным телефонным линиям со скоростью 4800 *дв. ед./сек.* Выбранный метод кодирования обеспечивает надежность передачи при различных ненормальностях в линии.

По сообщениям печати, разрабатывающая фирма предлагает систему «Токс» странам, которые пока не имеют собственных систем ПВО (Швейцарии, Италии, Норвегии, Дании, Турции и др.). Япония из трех рассматривавшихся ею систем ПВО США, разработанных различными фирмами («Токс», «Бейдж» и «Джейд»), приняла решение закупить систему «Токс», как самую дешевую.

Глава 10

СИСТЕМЫ ПВО ДРУГИХ СТРАН

§ 1. Состояние и организация ПВО Англии. Системы «Бладхаунд» и «Файр Бригейд»

НАТО и его руководящие органы уже много лет работают над проблемой создания объединенной системы ПВО Западной Европы. Однако в этом отношении до сих пор эффективного решения не найдено. Объясняют это тем, что в этих странах имеются большие различия в экономических и политических факторах, в значительной мере препятствующих принятию приемлемого для всех стран решения. К ним относятся расходы на оборону, структурная схема командования и др.

В связи с этим Англия примерно с 1955—1956 гг. приступила к разработке собственной системы ПВО.

Военное командование Англии к этому времени пришло к заключению, что концепция построения кольцевой обороны отдельных жизненно важных объектов страны уже устарела и возникла необходимость в системе, которая способна отразить воздушный налет прежде, чем самолеты достигнут береговой черты Англии. При этом ставился вопрос об определенной степени автоматизации процессов управления и основной упор делался на применение управляемых снарядов класса «земля—воздух». Ответственность за ПВО страны была возложена на военно-воздушные силы, которым подчинены подразделения ЗУРС.

Принципы построения системы ПВО Англии были разработаны научно-исследовательским институтом по радиолокации в Малверне. Основными элементами этой системы ПВО являются:

— замкнутая сеть радиолокационных станций дальнего обнаружения для своевременного предупреждения о налете противника;

— радиолокационные станции тактического назначения, предназначенные для определения основных параметров движения цели и выдачи целеуказания;

— полуавтоматическая система обработки данных;

— радиолокационные станции сопровождения цели и наведения ЗУРС.

Сеть радиолокационного обнаружения целей состоит из радиолокационных станций дальнего обнаружения, установленных как вдоль берегов Англии, так и на территории европейских стран — союзников (в частности, в Западной Германии).

Рубеж дальнего обнаружения целей, летящих на высоте около 30 *км*, радиолокационными станциями, установленными на побережье, располагается на удалении 420 *км* от береговой черты. Граница зоны слежения за целями тактическими радиолокационными станциями удалена от берега на 150 *км*, а зона поражения — до 30—60 *км*.

Раньше в печати сообщалось, что в Англии проводились работы, направленные на обеспечение централизованного автоматического управления всей системой радиолокационного обнаружения. При этом предполагалось осуществить автоматическое сопровождение всех обнаруживаемых целей, данные о которых должны передаваться в центр управления на вычислительную машину. Здесь должны были производиться автоматическое опознавание целей, целераспределение и передача данных на пункты управления активными средствами. Однако о результатах этих работ в дальнейшем в открытой печати ничего не сообщалось.

Разработка ЗУРС в Англии началась более 10 лет назад. Многочисленные испытания позволили усовершенствовать как сами ЗУРС, так и системы управления ими настолько, что, по мнению английских специалистов, они более удовлетворяют требованиям ПВО Англии, чем американские системы. К ним относятся такие известные комплексы ЗУРС, как «Тандерберд», «Бладхаунд» и «Си Слаг».

ЗУРС «Бладхаунд» рассматривается военными специалистами как важнейшее оружие в системе ПВО Англии против пилотируемых самолетов как при защите отдельных объектов, так и при организации обороны территории страны в целом. В настоящее время имеется два варианта этого снаряда «Бладхаунд I» и «Бладхаунд II». Второй, более усовершенствованный вариант имеет повышенную вероятность поражения на большей высоте и дальности и бóльшую эффективность действия по низко летящим самолетам. Снаряд «Бладхаунд» имеет следующие характеристики:

дальность действия: МкI>100 *км*, МкII 160—180 *км*;

высота: МкI 18—24 *км*, МкII>24 *км*;

скорость: МкI М=2,5; МкII М>3.

Комплексы ЗУРС «Бладхаунд» приняты на вооружение не только в Англии, но и в Швеции, правительство которой еще в 1959 г. заключило договор на поставку этих снарядов для своей системы ПВО.

Появление в Англии и в других странах НАТО истребителей-перехватчиков с высокими боевыми характеристиками, а также значительное совершенствование современной бомбардировочной авиации вызвали необходимость создания автоматизированной системы наведения истребителей. В соответствии с этими взглядами

английская фирма «Эллиот Аутомейшн» по заказу ВВС Англии разработала полуавтоматическую систему управления истребителями ПВО «Файр Бригейд».

В связи с тем что к этому времени не было конкретных предложений о принятии на вооружение стран НАТО какой-либо единой системы ПВО, фирма «Эллиот» в 1961 г. предложила в качестве промежуточного решения принять на вооружение ее систему «Файр Бригейд», готовую для немедленного ввода в действие. Предложение изучается.

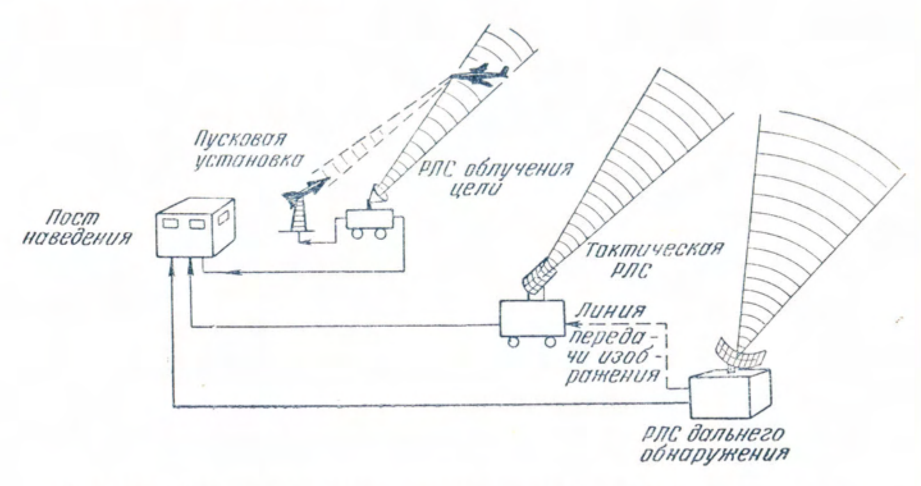


Рис. 10.1. Структурная схема системы управления ЗУРС «Бладхаунд»

Система управления ЗУРС «Бладхаунд». Ракетный комплекс «Бладхаунд» с полуактивной системой наведения представляет собой часть системы ПВО, в которую входят радиолокационная станция дальнего обнаружения, радиолокационная станция сопровождения цели, радиолокационная станция облучения цели, пост наведения, стартовое оборудование, а также мастерские по сборке и обслуживанию аппаратуры. Комплекс разработан рядом английских фирм, основными из которых являются «Бристоль Эйркрафт» и «Ферранти». Подразделения ЗУРС «Бладхаунд» имеют структуру авиаполка, состоящего из трех огневых единиц (эскадрилий), которые в свою очередь делятся на звенья или батареи. Один ракетный комплекс обслуживает три батареи, в каждой из которых имеется несколько снарядов.

Схема связи между элементами комплекса ЗУРС «Бладхаунд» в системе ПВО показана на рис. 10.1.

Радиолокационная станция дальнего обнаружения (рис. 10.2) является составной частью сети раннего обнаружения системы ПВО и в систему управления ЗУРС «Бладхаунд» непосредственно не входит. Последняя может работать с любой стандартной радиолокационной станцией дальнего обнаружения.

Радиолокационная станция сопровождения (тактическая РЛС) представляет собой трехкоординатную станцию с секторным обзором пространства, с полуавтоматическим съемом и высокой скоростью выдачи данных. Антенная система станции (рис. 10.3) состоит из двух антенн — передающей и приемной, разнесенных между собой. Передающая антенна имеет апертуру около 15 *м*

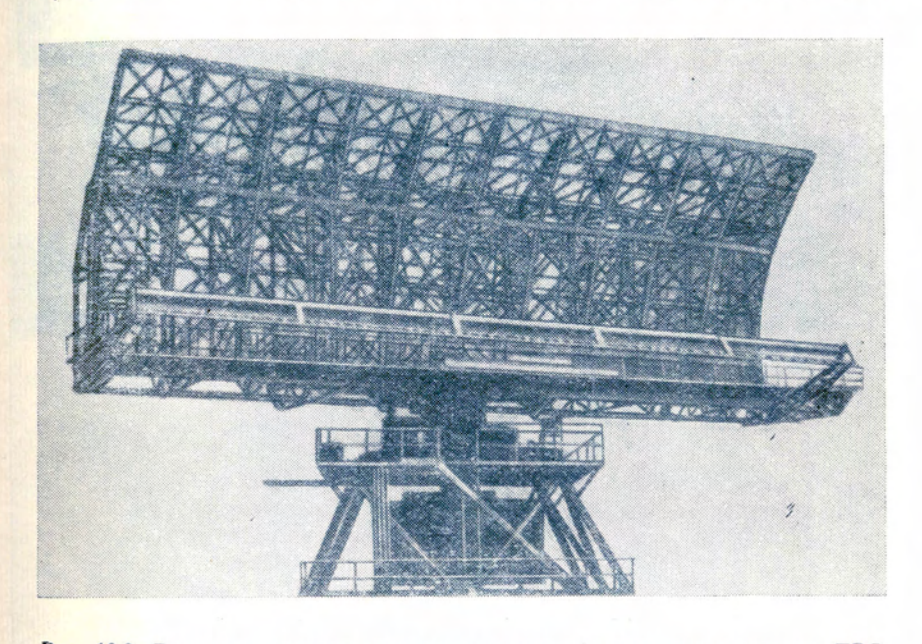


Рис. 10.2. Радиолокационная станция дальнего обнаружения в системе ПВО Англии (экспериментальный образец)

и формирует широкую диаграмму направленности в вертикальной плоскости. Приемная антенна — линзовая с одиннадцатью приемными рупорами — формирует многолепестковую диаграмму, лепестки которой расположены один над другим по углу места. Определение угла места основано на сравнении амплитуд сигналов, принимаемых отдельными рупорами.

Радиолокационная станция облучения (рис. 10.4) с переменной частотой повторения (для обеспечения помехоустойчивости), известная под шифром Sting Ray, создает узкий луч, который после отражения от цели принимается антенной снаряда, расположенной в его носовой части. Станция облучения первоначально наводится на цель по данным тактической РЛС. В дальнейшем она сама автоматически следит за целью.

Рис. 10.3. Радиолокационная станция сопровождения системы управления ЗУРС «Бладхаунд» (тактическая РЛС)

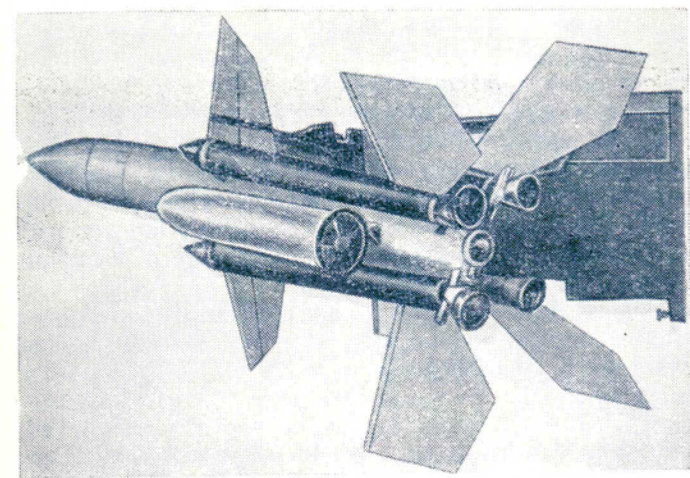


Рис. 10.5. Снаряд «Бладхаунд» на пусковой установке

Рис. 10.4. Радиолокационная станция облучения цели Sting Ray

Пусковая установка рассчитана на запуск снарядов под углом 45° и перед пуском наводится на цель только по азимуту по данным станции облучения (рис. 10.5).

На снаряде «Бладхаунд» установлены гиростабилизированная приемная антенна, вычислительное устройство и другие элементы бортовой системы управления. Приемник снаряда настроен на частоту радиолокационной станции облучения своей батареи и сигналов от РЛС других батарей не принимает. Наведение снаряда осуществляется по методу пропорциональной навигации в трех измерениях.

Обработка всех данных о воздушной обстановке и управление процессом наведения снаряда осуществляется в посту наведения. Здесь накапливается, обрабатывается и отображается вся радиолокационная информация, поступающая от радиолокационных станций комплекса. Вычислительная машина поста в своем запоминающем устройстве наряду с другой информацией хранит координаты отдельных целей, что, с одной стороны, обеспечивает автоматическую прокладку на индикаторах курсов целей и, с другой, дает возможность представить картину воздушной обстановки в трех измерениях.

Структурная схема поста наведения комплекса ЗУРС «Бладхаунд» показана на рис. 10.6.

Боевую работу поста наведения возглавляет командир поста (Operations controller), который одновременно поддерживает постоянную связь с другими подразделениями системы ПВО. У командира поста два помощника: один по радиолокации, другой по связи.

На рабочем месте командира поста имеются два индикатора кругового обзора, на одном из которых отображаются данные радиолокационной станции дальнего обнаружения, а на другом — данные станции сопровождения. При этом данные от станции дальнего обнаружения передаются в пост с помощью телевизионных средств.

Командир поста, пользуясь двумя индикаторами, должен своевременно обнаружить на индикаторе радиолокационной станции сопровождения цели, выделенные данному подразделению ЗУРС. Обнаружив назначенную ему цель, командир поста специальным ручным устройством подводит к отметке этой цели оптический кольцеобразный маркер, чем обеспечивает появление этой цели на индикаторе оператора по целераспределению. Оператор целераспределения таким же образом накладывает свой кольцеобразный маркер на поступившую к нему цель, в течение некоторого времени следит за ней, опознает ее, присваивает ей номер, вводит буквенный или цифровой признак принадлежности и, если возможно, дополняет ее данные другими характеристиками и путем нажатия кнопки всю эту информацию вводит в запоминающее устройство вычислительной машины. Одновременно с этим данная цель со всеми своими характеристиками отображается на

большом планшете тактической обстановки и передается одной из групп управления оружием, которая теперь является ответственной за ее сопровождение и уничтожение.

Каждая группа управления оружием состоит из четырех операторов: офицера по целеуказанию, двух операторов сопровождения целей и оператора измерения высоты. Каждая группа сидит в своем ряду перед планшетом тактической обстановки.

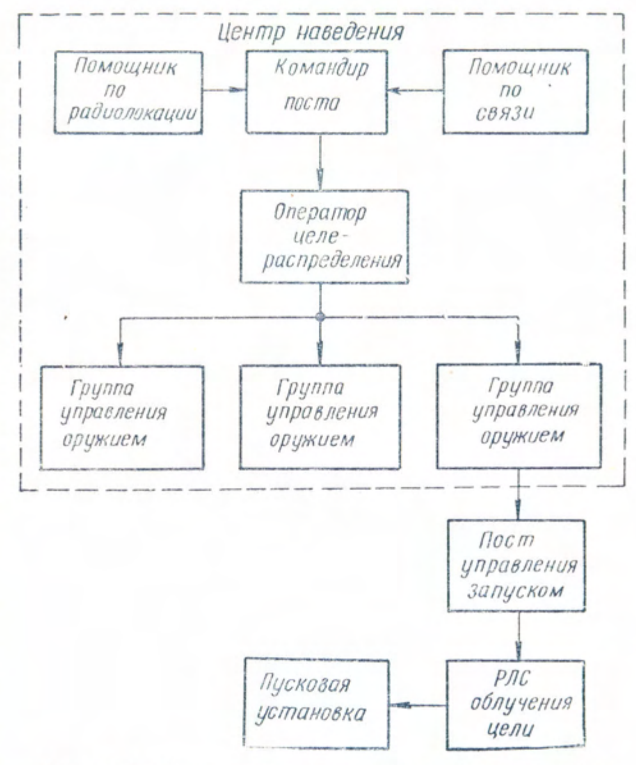


Рис. 10.6. Структурная схема поста наведения комплекса ЗУРС «Бладхаунд»

Офицер по целеуказанию одну из назначенных ему целей передает оператору сопровождения, который должен обеспечить точное сопровождение этой цели. В это же время оператор измерения высоты с помощью специального визира пеленгует цель по углу места и этим самым вводит данные в вычислительную машину, которая автоматически определяет высоту цели.

Имея все необходимые сведения о данной, точно сопровождаемой цели, офицер по целеуказанию решает, когда цель должна

быть атакована и каким снарядом. Затем он нажимает кнопку на своем пульте и антенна радиолокационной станции облучения поворачивается в направлении указанной цели и производит ее захват. После этого на планшете тактической обстановки рядом с отметкой данной цели появляется слово «захвачена». Синхронно с движением станции облучения движутся по азимуту пусковые установки выбранного снаряда. На постах управления запуском производится автоматическая предстартовая проверка снарядов. Результаты проверки индицируются сигнальными лампочками на пульте оператора управления запуском. По мере готовности оператор управления запуском нажатием кнопки на своем пульте управления производит пуск снаряда.

После поражения одной цели радиолокационная станция облучения может быть использована для атаки другой цели.

Система управления истребителями ПВО «Файр Бригейд». Система предназначена для наведения сверхзвуковых истребителей, имеющих скорость полета порядка M=2, на цели противника, летающие примерно с такой же скоростью. Система разработана фирмой «Эллиот», установлена на базе ВВС в Северной Англии и уже находится в эксплуатации.

Один комплект системы обеспечивает осуществление 12 перехватов одновременно. При обеспечении каждого перехвата система решает следующие частные задачи:

— в любой момент дает оператору ответ о целесообразности осуществления перехвата;

— дает оператору рекомендации о выборе наиболее подходящей авиабазы и наиболее подходящих типов истребителей для выполнения любого перехвата;

— вырабатывает все необходимые команды для обеспечения полета истребителя по оптимальной траектории (с возможностью изменения ее в ходе перехвата) до момента обнаружения цели бортовой РЛС истребителя и вырабатывает информацию об относительном положении цели и истребителя на последнем этапе перехвата;

— непрерывно рассчитывает количество топлива, которое истребитель должен иметь для возвращения на назначенный ему аэродром после успешного выполнения задачи;

— вырабатывает команды истребителю для возвращения его на назначенный ему аэродром;

— выдает информацию истребителю в форме, пригодной для передачи ее голосом или по линии передачи данных.

Система создана первоначально на базе электронной вычислительной машины «Эллиот 803», а позднее переведена на работу с ЭВМ «Эллиот 920», которая обеспечивает работу системы без специализированного оборудования обработки данных, появление которого ожидается только к концу 60-х годов.

Система «Файр Бригейд» состоит из следующих основных элементов (рис. 10.7 и 10.8):

— универсальной быстродействующей электронной цифровой вычислительной машины «Эллиот 920»;

— аппаратуры управления внешним обменом информации;

— пультов боевого управления операторов с индикаторами кругового обзора, которым также придаются индикаторные табло и кнопочная клавиатура.

ЭВМ «Эллиот 920» является основной частью системы. Она имеет модульную конструкцию с широким применением печатного монтажа. Вычислительная машина имеет большое быстродейст-

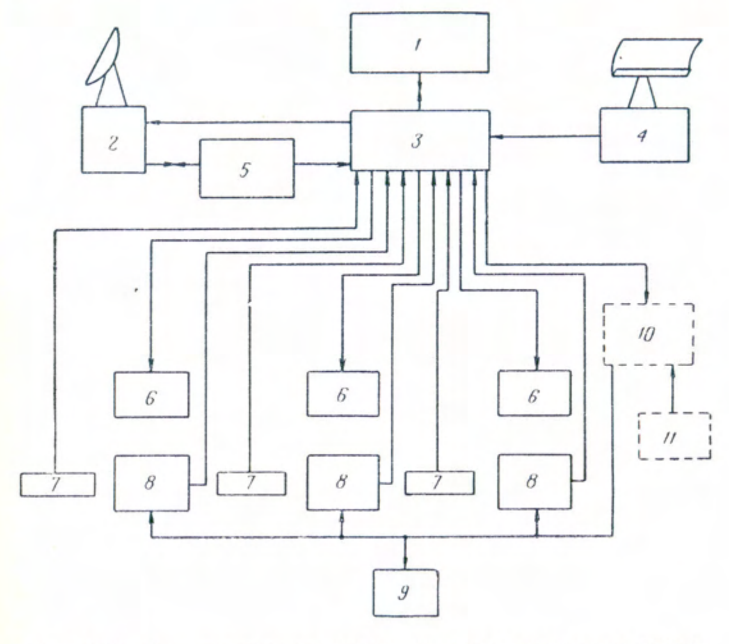


Рис. 10.7. Функциональная схема системы управления истребителями ПВО «Файр Бригейд»:

1 — ЭВМ «Эллиот 920»; *2* — радиолокационный высотомер; *3* — аппаратура управления обменом информации; *4* — РЛС обнаружения; *5* — оператор определения высоты; *6* — табло; *7* — клавиатура; *8* — оператор наведения; *9* — старший офицер наведения; *10* — промежуточные усилители; *11* — источники питания

вие, емкость ее памяти составляет либо 4096, либо 8192 18-разрядных слова. Габариты машины в зависимости от требований к емкости памяти и входным и выходным устройствам колеблются в пределах 0,085—0,113 $м^3$. Машина работает в диапазоне температур 0—70° С, что достигается благодаря применению кремниевых транзисторов и диодов.

Аппаратура управления внешним обменом регулирует прохождение информации от ЭВМ «Эллиот 920» к другим элементам системы и обратно. В состав аппаратуры входят цепи управле-

ния, буферные регистры и источники питания. Здесь происходит расшифровка адреса, после чего информация направляется к назначенному устройству. Передача данных производится параллельным кодом по 18 проводам, из которых 11 занимает адресная информация.

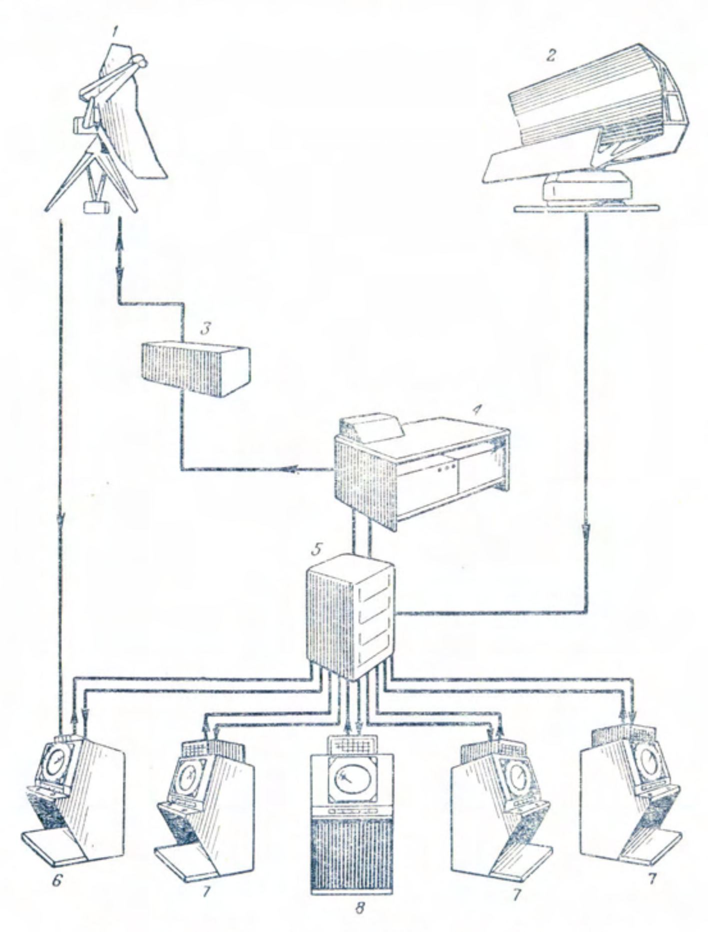


Рис. 10.8. Блок-схема системы «Файр Бригейд»:

1 — радиолокационный высотомер; *2* — РЛС обнаружения; *3* — блок целеуказания по азимуту; *4* — ЭВМ «Эллиот 920»; *5* — аппаратура управления обменом информацией; *6* — оператор определения высоты; *7* — оператор наведения; *8* — старший офицер наведения

В системе имеется пять пультов боевого управления: один — оператора определения высоты, один — старшего офицера наведения (старшего контролера) и три — операторов наведения. На каждом пульте управления установлены стандартный индикатор

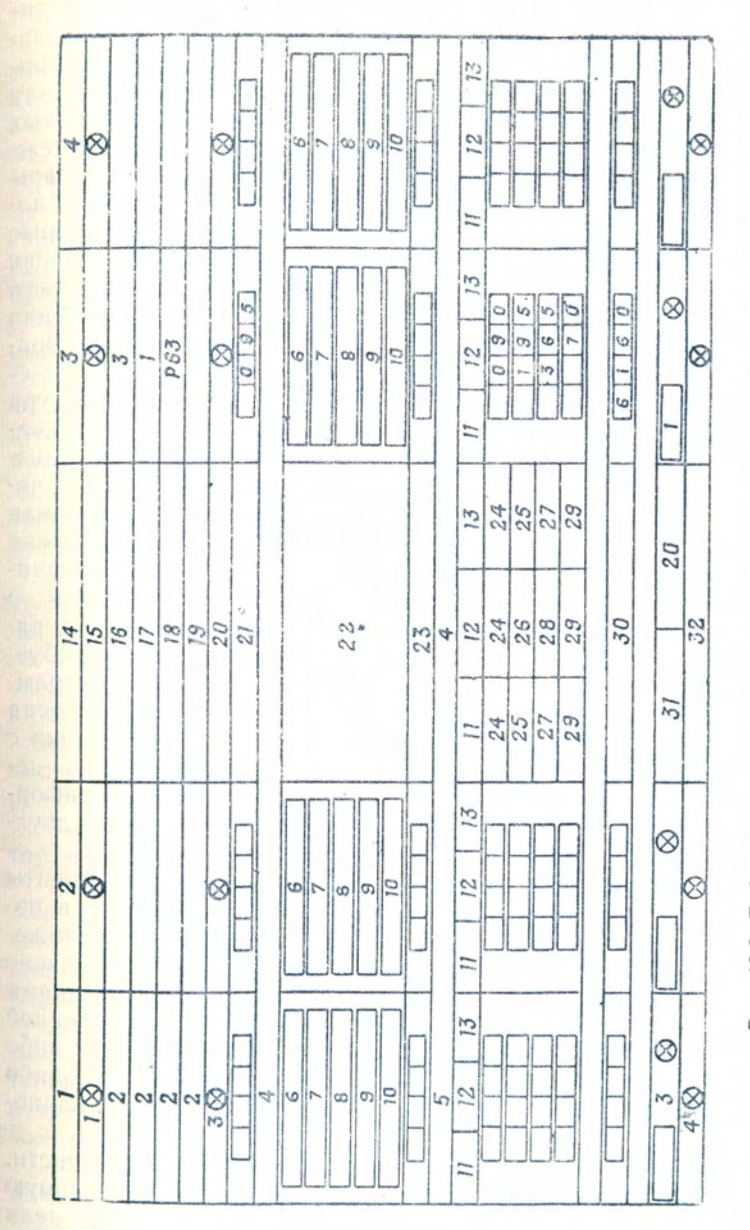


Рис. 10.9. Табло индикации данных наведения в системе «Файр Бригейд»:

1 — зеленый; *2* — белый; *3* — красный; *4* — янтарный; *5* — желтый; *6* — набор высоты; *7* — маршевый полет; *8* — разгон; *9* — поворот; *10* — форсированный набор высоты; *11* — атака цели; *12* — конечный этап; *13* — возвращение; *14* — номер перехвата; *15* — новые данные; *16* — тип истребителя; *17* — номер аэродрома; *18* — позывной истребителя; *19* — сигнал ответчика; *20* — сигнал бедствия; *21* — скорость цели; *22* — команды наведения; *23* — время до встречи; *24* — скорость; *25* — курс; *26* — угловое отклонение; *27* — высота; *28* — относительная высота; *29* — дальность; *30* — количество горючего; *31* — аэродром возвращения; *32* — нет данных о высоте цели

кругового обзора для отображения общей воздушной обстановки и различные средства сигнализации.

Специфическим устройством в аппаратуре отображения системы «Файр Бригейд» является табло (рис. 10.9). Табло представляет собой индикатор, на панели которого высвечивается вся информация, необходимая для обеспечения перехвата. Выдаваемая информация на табло отображается путем подсвета стандартных надписей на панели сигнальными лампочками изнутри. Для надежности подсветка производится двумя лампочками. Табло связаны с быстродействующими логическими схемами, которые обеспечивают обновление информации без заметного мигания. Вся информация об одном перехвате отображается за 1 *сек*.

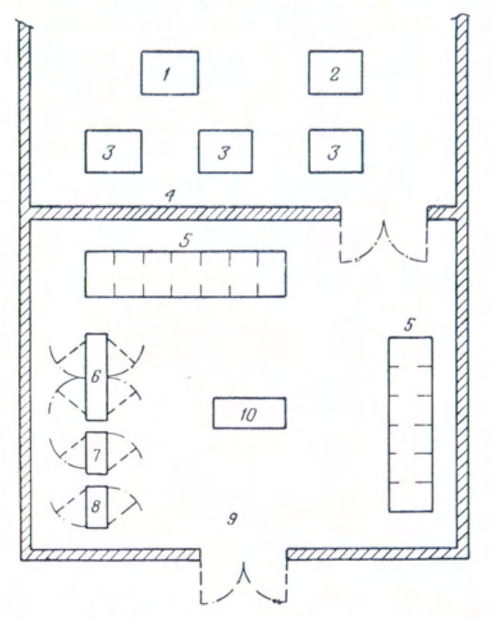


Рис. 10.10. Схема расположения аппаратуры в посту наведения системы «Файр Бригейд»:

1 — старший офицер наведения; *2* — оператор определения высоты; *3* — оператор наведения; *4* — зал управления; *5* — вспомогательная аппаратура пультов; *6* — аппаратура управления обменом информацией; *7* — источник питания; *8* — промежуточные усилители; *9* — зал оборудования; *10* — ЭВМ «Эллиот 920»

Кнопочная клавиатура почти стандартна. Для затребования на индикатор необходимой информации нажимается соответствующая кнопка, которая, замыкая контакт, сообщает в машину шифр этой кнопки в двоичном коде, а следовательно, и значение требуемой информации. Программой машины предусмотрена возможность затребования с помощью одной кнопки нескольких значений информации при исключении двухзначности.

Все основные элементы системы размещаются в посту наведения. Расположение аппаратуры показано на рис. 10.10. Источниками информации о воздушной обстановке для системы «Файр Бригейд» могут служить либо трехкоординатные радиолокационные станции обнаружения, либо двухкоординатные станции, работающие в комбинации с радиолокационным высотомером.

Работа системы происходит в следующей последовательности.

Старший оператор (главный контролер) наблюдает воздушную обстановку на своем индикаторе кругового обзора и отбирает цели для перехвата. Каждую выбранную цель он передает одному из операторов наведения путем наложения на отметку этой цели на

экране индикатора специального кольцеобразного маркера. На экране индикатора выбранного оператора наведения на отметке той же цели воспроизводится такой же маркер.

Данные о положении данной цели вводятся в вычислительную машину либо с индикатора старшего оператора, либо оператора наведения путем наложения кольцеобразного маркера на две последовательные отметки данной цели и одновременного нажатия на соответствующие кнопки клавиатуры, связанной с индикатором.

После этого вычислительная машина сопровождает цель. Рассчитав скорость и курс, машина может предсказывать положение цели. Рассчитанное машиной упрежденное положение цели отображается на индикаторах старшего оператора и выбранного оператора наведения междускановым кольцеобразным маркером, который высвечивается в районе ожидаемой отметки цели приблизительно за 1 *сек* до ее появления. Если цель продолжает двигаться по прежнему курсу и с той же скоростью, то очередная отметка цели совпадает с появившимся до этого маркером. Несовпадение отметки цели с маркером указывает на изменение направления движения самолета или его скорости (или того и другого одновременно), что можно скорректировать ручным перемещением маркера и нажатием соответствующей кнопки на клавиатуре.

Информация о высоте может быть получена различным путем: от трехкоординатной станции обычным путем, от радиолокационного высотомера при выдаче ему предварительного целеуказания по азимуту. Целеуказание высотомеру автоматически выдает вычислительная машина, после того как оператор высоты на своем индикаторе совместит строб с определенной отметкой цели и нажмет соответствующую кнопку на клавиатуре. В машине предусмотрена схема, обеспечивающая определенную очередность измерения высоты целей.

После того как о цели получены все основные данные, оператор наведения нажатием соответствующих кнопок на клавиатуре от вычислительной машины получает информацию о том, возможен ли перехват в данном случае, какой тип истребителя и с каким вооружением является наиболее подходящим для уничтожения данной цели, с какой авиабазы поднять истребители и в какой точке произойдет перехват. Вся эта информация немедленно представляется на табло. Оператор наведения выбирает наивыгоднейший вариант и с помощью клавиатуры вводит в вычислительную машину подробную информацию об аэродроме, типе истребителя и его вооружении. Операция перехвата таким образом передается машине.

Как только истребитель поднялся в воздух и его отметка появилась на индикаторе, он так же, как и цель, с помощью маркера вводится в машину на сопровождение. Таким образом в системе осуществляется сопровождение своих истребителей и тех целей противника, которые подлежат перехвату.

Вычислительная машина, работая на основе запасенной информации о рекомендуемом профиле полета данного типа истребителя и упрежденной информации о положении цели, мгновенно выдает оператору все данные, необходимые для наведения истребителя на цель по оптимальной траектории полета.

На табло оператора наведения в процессе перехвата отображается информация, соответствующая каждому этапу перехвата.

В частности, на этапе сближения с целью (до момента обнаружения цели бортовой РЛС истребителя) отображается следующая информация:

— продолжает ли перехват оставаться целесообразным;

— подтверждение, что истребитель находится на этапе сближения;

— очередные критические точки в процессе перехвата: форсирование, поворот, набор высоты или пикирование, а также время, оставшееся до прихода в эти точки;

— команды, которые должны быть переданы на истребитель: курс, высота и скорость полета истребителя, а также данные о скорости цели;

— данные о наличии топлива.

На последнем этапе перехвата (от момента обнаружения цели бортовой РЛС до момента применения оружия) отображается:

— подтверждение, что истребитель находится на этапе атаки;

— взаимное расположение истребителя и цели, характеризующееся дальностью, относительной высотой, азимутом.

При желании оператор на любом этапе перехвата может запросить вычислительную машину выдать ему на отображение информацию, относящуюся не к данному, а к другому этапу.

На этапе возвращения на базу на табло отображаются:

— подтверждение, что истребитель находится на этапе возвращения на базу;

— команды (курс, высота, скорость полета) для направления истребителя в точку, где управление истребителем будет передано назначенной базе.

На табло, кроме того, отображаются позывной истребителя и отдельные параметры вектора бортовой РЛС перехвата (дальность, азимут и возвышение) с допусками на возможный маневр бомбардировщика во всех критических точках перехвата.

В случае опасности столкновения оператор наведения может дать летчику истребителя предупредительную команду, минуя вычислительную машину.

Согласно утверждению фирмы система «Файр Бригейд» имеет ряд достоинств: простота системы в действии, надежность в выполнении задачи, гибкость и возможность сопряжения с различными радиолокационными станциями обнаружения и другими системами ПВО. Недостатком системы является небольшое количество одновременных перехватов.

В печати сообщалось, что система «Файр Бригейд» при замене индикаторов и внесении поправок в программу вычислительной машины может быть использована для управления не только истребителями, но и другим оружием. Указывалось, что разрабатываются два других варианта этой системы: «Лайф Бригейд» и «Лайт Бригейд». Первая из них предназначается для наведения ЗУРС, а вторая является мобильным вариантом основной системы, допускающим переброску по воздуху. Эта система якобы сможет управлять восемью истребителями и четырьмя ЗУРС.

§ 2. Система ПВО Франции «Стрида-2»

Во Франции еще действует ПВО типа CDC (Centres de Detection et de Controle), основанная на принципах ручного управления, которая непрерывно модернизируется. Первым этапом модернизации существующей системы ПВО является введение новой полуавтоматической радиолокационной системы обнаружения.

В дальнейшем предусматривается создание и принятие на вооружение автоматизированной системы ПВО «Стрида» (Strida — система передачи и сбора информации о противовоздушной обороне).

Сначала на севере Франции была создана система ПВО «Стрида-1», которая представляла собой автоматизированный комплекс электронной аппаратуры, обеспечивающей наблюдение за воздушной обстановкой, быструю обработку собранной информации и немедленную передачу ее на центральный командный пункт для принятия решений по противовоздушной обороне страны.

В настоящее время Франция вводит в действие более усовершенствованную систему «Стрида-2».

Разработка системы ПВО «Стрида-2» ведется с 1955 г. В 1959—1961 гг. был построен и оборудован первый оперативный центр системы, на котором проводились испытания. Первый этап испытаний закончен в 1962 г. В 1963 г. вступил в строй второй центр, а в настоящее время ведется сооружение остальных.

После ввода в строй вся система «Стрида-2» будет состоять из размещенных по всей стране центров обработки данных, поступающих от радиолокационных станций обнаружения воздушных целей. Система рассчитана на работу с трехмерными и двухмерными радиолокационными станциями (в последнем случае в комбинации с радиолокационными высотомерами). Система будет обеспечивать обобщение, сортировку и анализ информации о воздушной обстановке, передаваемой всеми оперативными центрами системы, и выработку рекомендаций по использованию активных средств ПВО (истребителей-перехватчиков или ЗУРС).

Сообщалось, что в этой системе эхо-сигналы от радиолокационных станций сортируются по уровню и квантуются по сере-

дине импульса цифровыми методами. С помощью быстродействующих счетных схем (частота 1 *Мгц*) данные о дальности переводятся в цифровую форму (погрешность при этом не превышает 150 *м*), а кодовые диски с фотоэлектрическим отсчетом, связанные с приводом антенн, дают цифровую информацию о пеленге цели. Сравнительно несложное устройство с простыми логическими схемами регистрирует приходящие импульсы и пропуски эхо-сигналов, отделяя достоверные цели от случайных сигналов.

«Стрида-2» является децентрализованной системой ПВО. Это означает, что на оперативные центры будут возложены разные задачи и что, хотя на всех центрах будут установлены одинаковые электронные вычислительные машины, их программы будут различными.

В оперативных центрах будут установлены специализированные быстродействующие ЭВМ фирмы IBM France, обладающие большой емкостью памяти и выполненные полностью на полупроводниковых элементах. Эти вычислительные машины, кроме повышенной емкости памяти на ферритовых сердечниках, имеют и улучшенные арифметические узлы. Модульная конструкция машины позволяет на каждом центре использовать только часть модулей, обеспечивающих выполнение специализированных функций данного центра. В памяти ЭВМ хранится также информация о планах полетов своих самолетов.

Аппаратура комплексной («синтетической») индикации, обеспечивающей отображение обобщенной обстановки, разработана фирмой Sintra.

Оперативные центры будут соединены между собой линиями передачи данных.

Общее количество оперативных центров неизвестно, но в печати указывалось, что каждый центр может обеспечить обработку данных о полете 500 самолетов. Сообщалось, что системой «Стрида-2» заинтересовались некоторые из европейских стран.

§ 3. Система ПВО Швеции «Стрил-60»

В Швеции принята на вооружение полуавтоматическая система управления активными средствами ПВО «Стрил-60». Система предусматривает создание нескольких оперативных центров, в которых будет осуществляться сбор, обработка, отображение и оперативная подача информации, необходимой для решения задач ПВО.

Система «Стрил-60» обеспечивает управление не только истребителями-перехватчиками, но и орудиями зенитной артиллерии, пусковыми установками ЗУРС и артиллерией военно-морских сил (рис. 10.11).

Отдельные элементы системы начали вводиться в строй в 1962 г. В 1964 г. закончена разработка основной части системы ПВО — современная система обработки и отображения радиолокационной информации «Диджитрак». Система «Диджитрак» разработана шведской фирмой «Стандарт радио и телефон» (SRT).

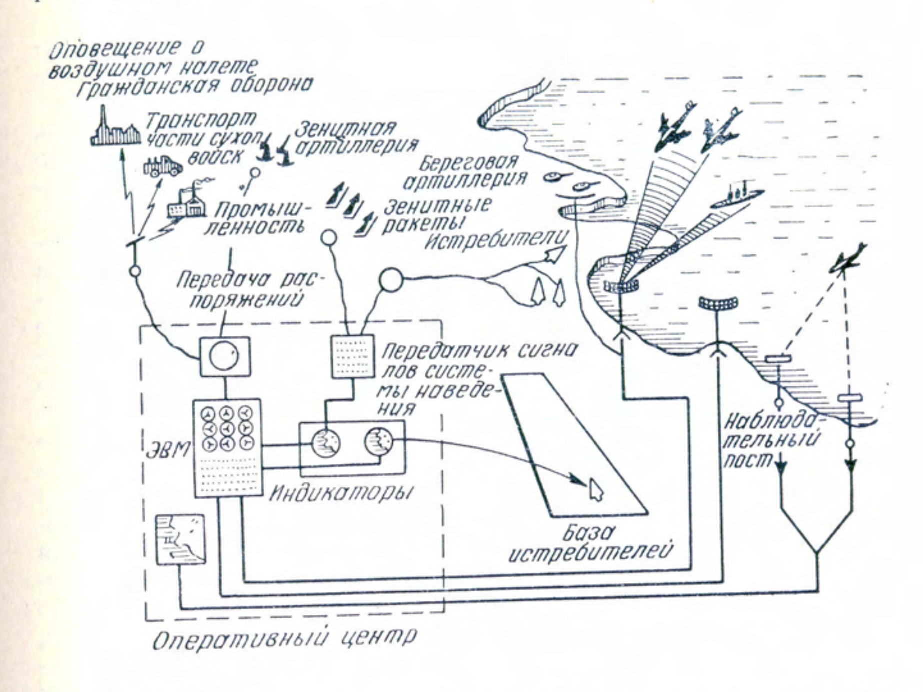


Рис. 10.11. Структурная схема шведской системы управления средствами ПВО «Стрил-60»

Основными элементами системы «Диджитрак» являются: вычислительная машина «Сенсор», индикаторы, блок азимутальной развертки, генератор символов (для обеспечения «синтетической» индикации) и средства связи с другими центрами обработки данных.

Аппаратура «Диджитрак» сконструирована на базе модулей и дает возможность в соответствии с требованиями формировать простые или сложные (комплексные) системы, которые в общем могут выполнять следующие функции:

— отображать необработанные радиолокационные данные;

— формировать и индицировать опорные линии (пеленга и т. п.);

— вырабатывать и отображать символы;

— определять траекторию и скорость полета цели;
— производить обработку радиолокационных данных;
— осуществлять автоматическое сопровождение целей;
— обеспечивать обработку данных о высоте;
— отображать данные на различных индикаторных устройствах;
— сопрягаться с другими вычислительными машинами.

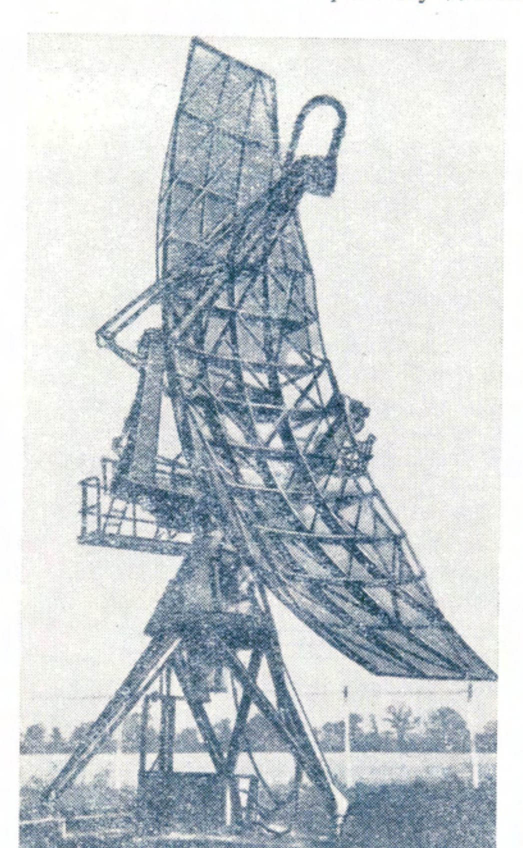


Рис. 10.12. Радиолокационный высотомер «Декка HF-200» в системе ПВО Швеции

Источники информации. В качестве исходных данных система «Стрил-60» использует информацию, поступающую от развитой сети наземных, корабельных и самолетных радиолокационных станций. В системе предусматривается получение данных и от постов визуального наблюдения.

Аппаратура «Диджитрак» может сопрягаться с большинством существующих типов РЛС. В системе радиолокационного обнаружения воздушных целей применяются несколько типов радиолокационных станций, имеющих различное назначение. К ним относятся как обычные радиолокационные станции обнаружения, так и радиолокационные высотомеры (рис. 10.12). Могут быть использованы также и более современные трехкоординатные РЛС.

Планом внедрения системы «Стрил-60» предусматривается значительное расширение сети радиолокационных станций раннего обнаружения, обеспечивающих обнаружение целей как на больших, так и на малых высотах. В связи с этим разработаны и приняты на вооружение радиолокационные станции дальнего действия, обеспечивающие одновременно и определение высоты целей. Дальность действия таких станций составляет более 400 *км*.

Обработка радиолокационных данных (рис. 10.13). Съем и обработка радиолокационных данных перед их поступлением в вы-

Рис. 10.13. Блок-схема системы обработки данных и индикации «Диджитрак»

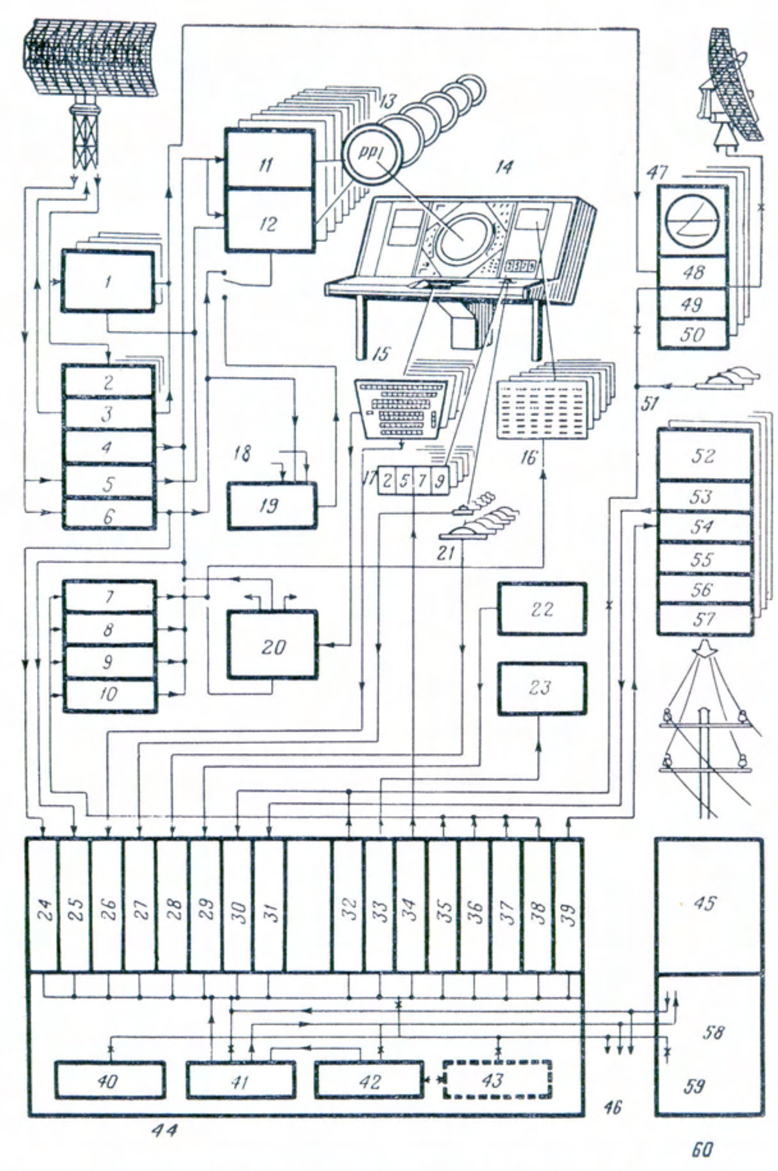


Рис. 10.14. Функциональная схема системы обработки данных и индикации «Диджитрак»:

1 — генератор видеокарты; *2* — пеленг; *3* — запускающее устройство; *4* — блок развертки; *5* — видеосигнал; *6* — коррелятор видеосигналов; *7* — генератор знаков; *8* — линии пеленга; *9* — векторные линии; *10* — траектория полета; *11* — усилитель развертки; *12* — видеосигнал; *13* — ИКО; *14* — пульт оператора; *15* — клавиатура; *16* — табло; *17* — цифровой индикатор; *18* — дополнительные радиолокационные каналы; *19* — наложение видеосигналов; *20* — распределитель указательных символов; *21* — шаровой кнюппельный механизм; *22* — управление имитатором; *23* — контроль с помощью тест-программы

числительную машину производятся автоматически аппаратурой «Диджитрак» с помощью корреляторов видеосигналов и блока азимутальной развертки. Видеокоррелятор позволяет эффективно и надежно выделить полезный радиолокационный сигнал на фоне шумов. Разрешающая способность коррелятора по азимуту на максимальной дальности равна 500 *м*.

ЭВМ «Сенсор». Вычислительная машина в системе «Стрил-60» выполняет операции по сопровождению целей, управлению знаковой индикацией и решению задачи перехвата. Для небольшой системы ПВО эти функции может выполнять одна ЭВМ. Для более крупных систем решение задачи перехвата может выполняться отдельной ЭВМ. При системе, которая должна обеспечить сопровождение 200 радиолокационных целей, используется отдельная ЭВМ для выполнения каждой важной задачи. Как видно, в использовании вычислительных машин в этом случае требуется определенная гибкость и ЭВМ «Сенсор» этому требованию отвечает.

ЭВМ «Сенсор» рассчитана на параллельную работу нескольких таких же вычислительных машин. При этом общая память их может составлять от 2048 до 32 768 слов, состоящих из 40 двоичных единиц каждое.

Параллельная работа нескольких ЭВМ (до 16 шт.) возможна благодаря внутренним линиям связи, которые могут обеспечить передачу 166 000 слов (по 40 двоичных единиц каждое) в секунду.

Следовательно, емкость системы «Диджитрак» практически не ограничена и зависит от числа используемых ЭВМ «Сенсор». Одна ЭВМ «Сенсор», например, может обработать результаты автоматического слежения за 200 воздушными целями. Емкость памяти ЭВМ, если потребуется, может быть увеличена за счет добавления отдельных модулей, каждый из которых рассчитан на слежение за 50 траекториями.

Таким образом, для обеспечения сопровождения 200 целей вычислительный комплекс системы «Диджитрак» состоит из ЭВМ сопровождения (с памятью на 8192 слова), ЭВМ символов (на 4096 слов) и ЭВМ наведения (на 8192 слова).

(тест); *24* — видеосигнал в цифровой форме; *25* — координаты в цифровой форме; *26* — ручной ввод данных; *27* — ввод данных шаровым механизмом; *28* — информация, вводимая шаровым механизмом; *29* — входные данные имитатора; *30* — входные данные от радиолокационного высотомера; *31* — входные данные от линии связи; *32* — данные о цели; *33* — результаты теста; *34* — выходные данные в цифровой форме; *35* — управление генератором знаков; *36* — управление линией пеленга; *37* — управление векторной линией; *38* — управление функциональным генератором; *39* — выходные данные на линии связи; *40* — арифметическое устройство; *41* — управление программой; *42* — память на магнитных сердечниках; *43* — дополнительная память; *44* — основные устройства аппаратуры обработки данных; *45* — входные и выходные устройства; *46* — дополнительная ЭВМ; *47* — индикатор высоты; *48* — развертка; *49* — преобразователь координат; *50* — видеоусилитель; *51* — управление линией высоты; *52* — приемник узкополосной линии связи; *53* — информация от пеленгатора; *54* — символическая индикация координат; *55* — наведение; *56* — местоположение высотомера; *57* — ответ высотомера; *58* — ввод и контроль программы; *59* — буферная память; *60* — ЭВМ наведения

Иногда для упрощения системы и снижения загрузки вычислительных машин в помощь им применяются вспомогательные устройства (такие, как блок азимутальной развертки, функциональный генератор), имеющие постоянные программы для выполнения повторяющихся стандартных (типовых) операций (рис. 10.14).

Аппаратура системы выполнена на полупроводниковых приборах. В аппаратуре используется ограниченное число стандартных модулей, собранных на панелях с печатным монтажом.

Для простоты обслуживания панели собираются в субблоки, которые легко вынимаются из стойки для осмотра во время работы. Неисправный субблок может быть легко удален и заменен другим. На каждой панели имеются легкодоступные контрольные точки.

Обнаружение неисправностей облегчается благодаря наличию сигнальных индикаторных лампочек, постоянных тест-программ и диагностических программ, записанных на магнитной ленте и используемых исключительно для обнаружения неисправностей.

Аппаратура отображения (рис. 10.14 и 10.15). Воспроизведение воздушной обстановки и другой информации в системе «Диджитрак» осуществляется на типовых индикаторах кругового обзора (с электроннолучевыми трубками диаметром 30 и 40 *см*), индикаторных табло и специальных экранах «синтетической» индикации. Кроме того, возможно использование индикаторов с экранами черно-белого и цветного телевидения.

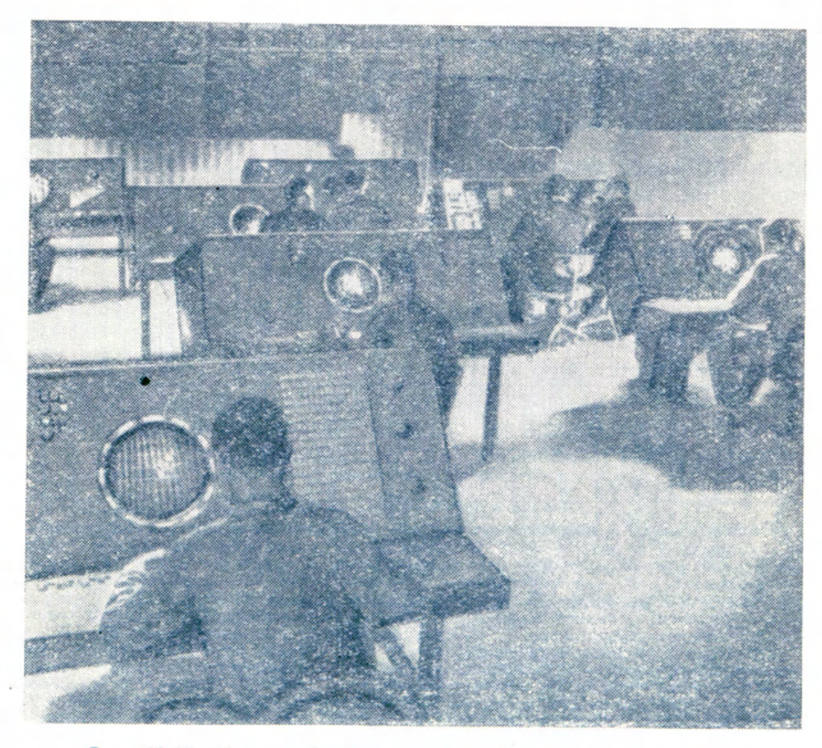


Рис. 10.15. Пульты боевого управления системы «Стрил-60»

На индикаторах кругового обзора могут быть отображены первичная радиолокационная информация, видеокарта, азимутальные метки, кольца дальности, пеленг на объект, а также различные символы, вырабатываемые посредством знакогенерации.

Особенностью системы «Диджитрак» является то, что развертка на индикаторах, осуществляемая синхронно с вращением антенны, для удобства сопряжения со всей аппаратурой применяется не в аналоговой форме, как обычно принято, а в цифровой. Это осуществляется с помощью цифрового шифратора, установленного у антенны, который выдает серию плотно расположенных импульсов, среди которых имеется импульс «север» для синхронизации. Развертка, генерируемая в цифровой форме, затем преобразуется с помощью скоростного цифро-аналогового преобразователя в аналоговую форму. Получаемое при этом время задержки (около 60 *мксек*) позволяет представить на индикаторе кругового обзора большое количество символической («синтетической») информации в виде междускановых сигналов (символической информации, проходящей между следующими друг за другом циклами развертки).

Характеристика цели с помощью символов (формуляр цели) состоит из групп букв, цифр и различных геометрических фигур. Применение знаковой индикации потребовало введения электронной системы коммутации, которая осуществляется вычислительной машиной при взаимодействии ее с устройствами сопровождения и генерации символов через линии взаимосвязи. Для этой цели обычно применяется отдельная ЭВМ управления (administration computer), которая автоматически или по запросу оператора выдает «символическую» информацию на индикаторы. Например, оператор путем запроса ЭВМ управления может присвоить номер неопознанной цели. Номер цели также может быть связан с позывным самолета. (Номер цели может быть присвоен в соседнем оперативном центре и передан в данный центр.) Каждый оператор может иметь свой собственный символ для маркировки целей, которые он обрабатывает и контролирует.

Пульт оператора в системе «Диджитрак» состоит из индикатора кругового обзора, табло, органов управления и связного оборудования. Основными органами управления на пульте, служащими в качестве средств связи оператора с машиной, являются клавиатура и шаровой кнюппель. С их помощью выбираются вид знаков и их положение на экране. Кроме того, имеется ряд кнопок, которые позволяют выбрать определенные режимы работы аппаратуры или каналы прохождения радиолокационных сигна-

лов и другой информации. Таким образом могут быть выбраны: линейный или логарифмический закон для усилителя промежуточной частоты, мгновенная автоматическая регулировка усиления (МАРУ), малая постоянная времени, вид радиолокационной информации (обработанные или необработанные видеосигналы) от любой присоединенной РЛС. Кроме того, можно выбрать различные виды индикации: сложная картина полной радиолокационной обстановки (от нескольких РЛС) или чисто «синтетическая» картина, состоящая из одних только символов.

Вид знака (символа) выбирается оператором с помощью клавиатуры, а наложение его на картину воздушной обстановки в нужную точку экрана производится посредством шарового кнюппеля. Шаровой кнюппельный механизм вырабатывает серию импульсов для получения координат X и Y, которые интегрируются и обеспечивают координатные данные для ЭВМ управления. Эти данные затем передаются в ЭВМ сопровождения, а после нее возвращаются снова в ЭВМ управления в виде скорости и курса цели. ЭВМ управления использует эту информацию для расчета прогнозируемого положения цели и эти данные выдает в систему отображения с повышенной скоростью с тем, чтобы коррекцию положения цели можно было бы произвести за время между следующими друг за другом циклами развертки.

Вся «синтетическая» информация отображается на индикаторах как междускановая информация. Стандартная частота появления «символической» информации на экране индикатора 14 гц. Иногда частота выбирается более низкой для привлечения внимания оператора.

Для надлежащего расположения символа на экране индикатора необходимо выработать координаты этого символа X и Y. Это осуществляет генератор символов с помощью специальной программы, заложенной в ЭВМ управления. ЭВМ управления выдает команды генератору символов для закрепления определенного символа за конкретной целью для облегчения ее дальнейшего опознавания. Каждый символ состоит из 16 точек, располагаемых в любом месте сетки (матрицы размером 32×32 точки) в соответствии с командами программы.

Для того чтобы предотвратить перегрузку индикатора кругового обзора от поступающей многочисленной знаковой информации и затемнение символами общей картины воздушной обстановки, на индикаторном устройстве применяется дополнительный индикатор (табло), на котором по желанию оператора может быть отображено значительное количество дополнительной («синтетической») информации (до 150 знаков).

Связь операторов между собой осуществляется с помощью клавиатурных устройств через релейный блок. Релейный блок срабатывает непосредственно от переключателей клавиатуры, преобразует каждый импульс переключателя в код и передает его в ЭВМ. Через релейный блок проходит ответный сигнал запрашивавшему

адресату. Это снижает нагрузку на вычислительную машину и упрощает программирование.

Некоторая полезная информация отображается и на телевизионных экранах индикаторов. Изображение обстановки на цветном телевизионном экране получается путем проецирования на него отдельных изображений, обозначенных красным, синим и зеленым цветами. Черно-белые телевизионные экраны используются для индикации вспомогательных данных, например карты метеорологической обстановки в районе боевых действий и т. п.

Организационная структура и боевая работа центра. Организация оперативного центра ПВО может иметь несколько вариантов в зависимости от поставленных оперативных задач и, следовательно, от оснащения центра соответствующей аппаратурой.

Организационная структура типового центра показана на рис. 10.16.

Центр возглавляется начальником штаба (старшим офицером). Он отвечает за все его действия. Ему помогают две группы операторов. Первая группа, возглавляемая старшим оператором по отображению, обеспечивает опознавание и сопровождение всех наблюдаемых и переданных с других центров целей. Вторая группа, возглавляемая старшим оператором по оружию, является ответственной за назначение боевых средств и управление активными средствами (истребителями или ЗУРС) в ходе боевых действий.

Оператор помех ведет борьбу с радиопротиводействием средствам ПВО в масштабе всего сектора. Оператор анализа налета собирает всю информацию по наблюдаемым целям и анализирует ее. На его индикаторе наблюдаемая картина может быть увеличена для более детального изучения обстановки.

Старший оператор сопровождения несет ответственность за надежное сопровождение целей, включая опознавание и измерение высоты. Он следит за работой других операторов сопровождения, которые осуществляют ввод цели и контроль за автоматическим сопровождением целей машиной. Число операторов сопровождения зависит от предусмотренной возможности центра по количеству сопровождаемых целей.

Кроме того, имеется один или больше операторов опознавания, которые используют аппаратуру IFF или SIF и наземные РЛС обнаружения.

Данные о высоте цели очень важны для проведения операции перехвата, поэтому аппаратура системы «Диджитрак», при возможности, рассчитана на работу с трехмерными РЛС. В настоящее время высота измеряется местным или находящимся на удалении радиолокационным высотомером, запрос на который посылается оператором или вычислительной машиной по специальной программе. Местным высотомером управляют операторы высоты (один или несколько, в зависимости от степени автоматизации этой операции).

Вся информация о целях обрабатывается и изучается оператором оценки обстановки. Используя средства «синтетической» информации, он может сопоставлять информацию, полученную

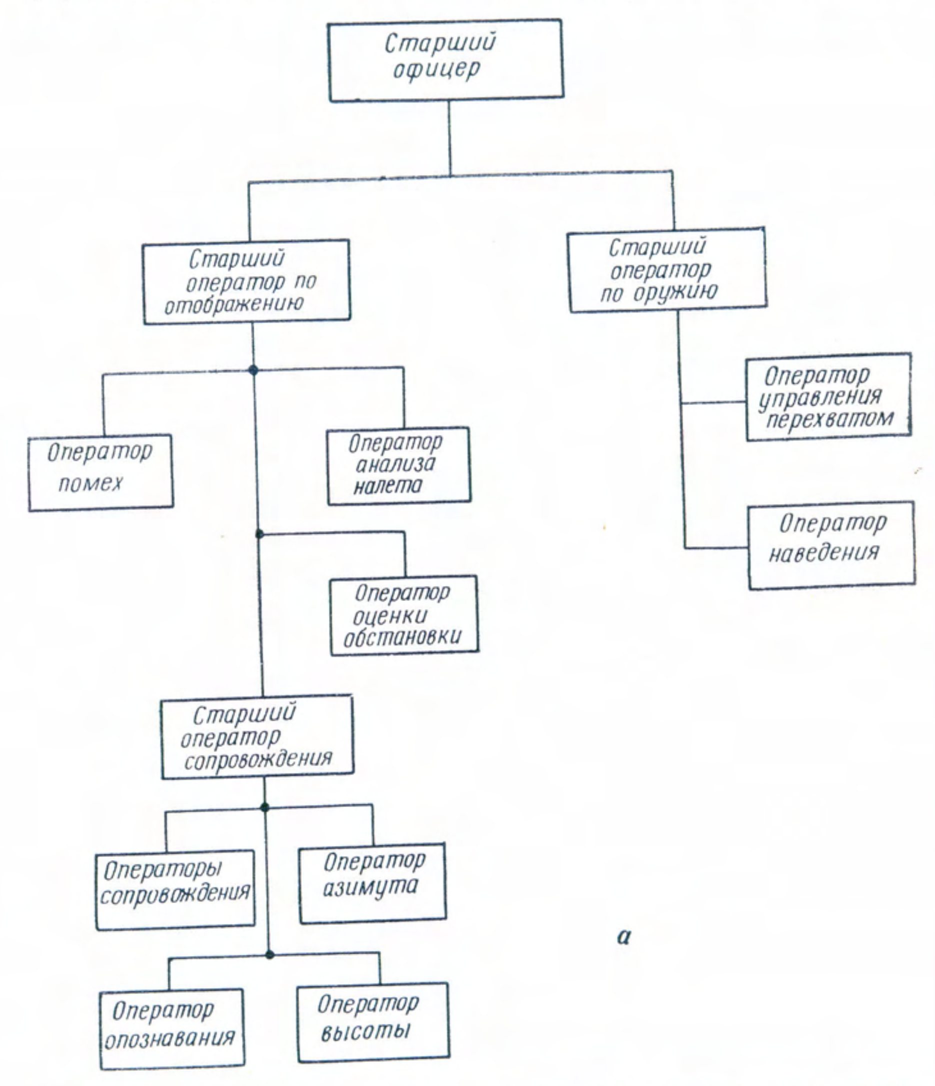


Рис. 10.16. Организационная структура центра ПВО, использующего систему «Диджитрак»

в самом центре, со всей информацией, переданной в центр по линиям связи извне. Это сопоставление (корреляция) осуществляется автоматически вычислительной машиной и тщательно изучается оператором оценки обстановки, прежде чем выдать ее для использования в центре. Оператор оценки обстановки отвечает за информацию о воздушных целях, передаваемую в другие центры.

В другой группе операторов может быть один или несколько операторов управления перехватом, которые обеспечивают выдачу в ЭВМ управления оружием данных, необходимых для проведения операции перехвата или возвращения самолетов на аэродром. У этих операторов, кроме основного индикатора, имеются два дополнительных: табло, на котором представляется необходимая информация о всех возможных целях в табличной форме, и спецындикатор с прямоугольным экраном, на котором отображаются результаты расчетов по перехвату в виде расчетной траектории полета истребителя, изображаемой в том же масштабе, что и картина воздушной обстановки. Траектория полета истребителя вырабатывается отдельным функциональным генератором, работающим по принципу работы цифровой вычислительной машины. Оператор может легко оценить результаты расчетов и наблюдать, как истребитель выполняет передаваемые ему команды.

Оператор наведения ЗУРС может также находиться в центре. В его обязанность входит координация огня батарей ЗУРС на назначенные цели. Он, кроме того, может обрабатывать и распределять информацию, получаемую от РЛС подсвета цели между батареями ЗУРС.

Активные средства и их использование. В шведской системе ПВО используются различные боевые средства. Из истребителей-перехватчиков на вооружении находятся самолеты «Сааб Дракен» J-35. В последнее время на вооружение начали поступать сверхзвуковые всепогодные истребители-перехватчики «Сааб Дракен» J-35A. Предполагается использовать и последнюю модификацию этого самолета — истребитель-перехватчик «Сааб Дракен» J-35F.

Истребители-перехватчики в район перехвата выводятся системой «Стрил-60». В районе цели поиск и слежение за целью осуществляются бортовым радиолокатором. В процессе перехвата после вывода перехватчика в район цели оперативный центр «Стрил-60» продолжает указывать перехватчику направление атаки, передавать необходимые навигационные данные и информацию о цели. Бортовая система управления огнем истребителя определяет оптимальный момент пуска ракет в зависимости от высоты, перегрузки и ракурса цели. Бортовая электронная система управления огнем S7B фирмы «Сааб» обеспечивает перехват и атаку цели на встречно-пересекающихся курсах. Система управления огнем включает в себя два вычислительных блока для расчета траектории цели и гироскопический оптический визир, который используется как резервный при атаке воздушных целей.

В противоположность практике использования других ракетных систем, где наведение эффективно только на конечном

участке траектории, снаряд класса «воздух—воздух» с указанных перехватчиков предполагается запускать в любой момент, когда цели находятся в пределах досягаемости ракет. При этом для получения высоких точностей попадания должны быть удовлетворены следующие требования:

— снаряд должен иметь определенное минимальное значение скорости, при котором обеспечивается надежное управление его траекторией;

— отношение скорости снаряда к скорости цели должно быть достаточно высоким, чтобы цель оставалась в поле «зрения» снаряда.

Оптимальная дальность открытия огня для снаряда типа «Фолкон» находится в пределах от 1 до 10 *км*. К другим снарядам класса «воздух — воздух», используемым на шведских истребителях-перехватчиках, относятся снаряд Rb 327 с радиолокационной полуактивной системой наведения и снаряд Rb 328 с инфракрасной пассивной системой наведения.

Сообщалось также об использовании в системе «Стрил-60» истребителя-перехватчика «Сааб-37» и о разработке для него новой системы оружия WS37, которая состоит из комплекса наземного и бортового оборудования, предназначенного специально для работы в системе ПВО «Стрил-60».

Кроме истребителей-перехватчиков, в шведской системе ПВО применяются зенитные управляемые ракеты «Бладхаунд» (английского производства, рис. 10.17) и «Эрликон» и «Кентавр-Эрликон» (собственного производства).

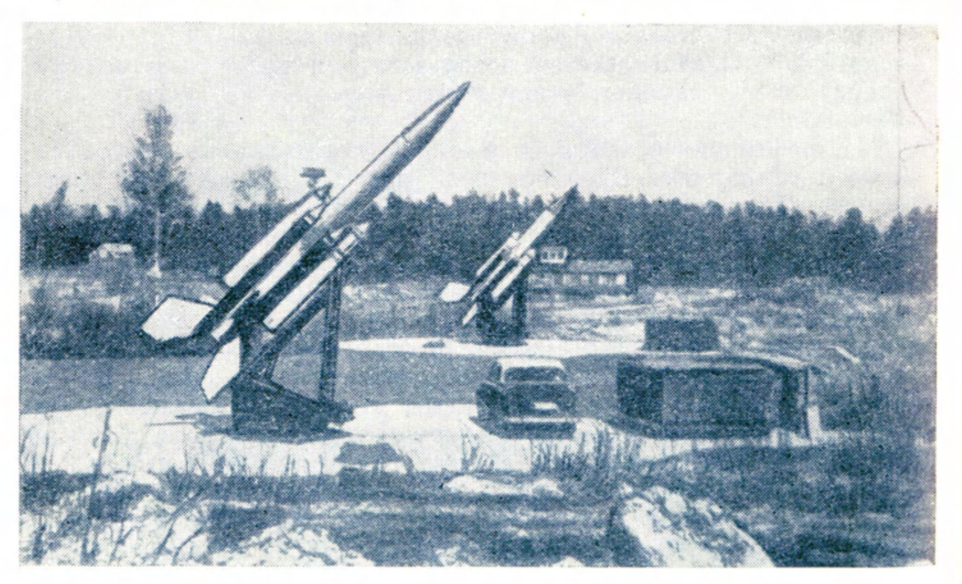


Рис. 10.17. Батарея ЗУРС «Бладхаунд I» в системе ПВО Швеции

В соответствии с планом Министерства обороны Швеции «ÖB62» в дальнейшем предполагается значительно расширить сеть авиабаз, больше рассредоточить активные средства, вводить на вооружение средства радиопротиводействия и постоянно модернизировать систему управления средствами ПВО.

§ 4. Состояние ПВО в других странах

Кроме вышеупомянутых, и некоторые другие страны Европы и Азии начинают также переходить от ручных систем ПВО к автоматизированным.

Так, в частности, ФРГ и страны Бенилюкс оснащаются военным вариантом навигационной системы «Сатко» (SATCO).

В Италии разрабатывается система ПВО «Сида» (Sida).

По сообщениям печати, Совет НАТО в 1962 г. принял решение об организации общей системы ПВО европейских стран НАТО под шифром «Нейдж» (NADGE — NATO Air Defense Ground Envirorment), которое из-за многих трудностей до сих пор не реализовано. В сентябре 1964 г. американская газета «Электроник Ньюс» сообщила, что Совет НАТО намерен в ближайшее время объявить конкурс на наиболее приемлемый проект системы ПВО «Нейдж». При этом предполагается, что система «Нейдж» будет расположена на восточных границах стран НАТО, от Северной Норвегии до Турции, на протяжении 5300 *км*. К этой системе якобы предъявляются требования, чтобы она была полуавтоматической, в значительной мере аналогичной «Сейдж», но более совершенной.

Запланированная стоимость системы 308 млн. долларов. Предполагается, что расходы распределятся следующим образом: США — 95 млн. долларов, Англия — 35 млн. долларов, остальное — другие страны. Некоторые специалисты утверждают, что запланированная сумма мала и задуманную систему придется сокращать. При этом указывалось, что если бы конкурс был объявлен в 1964 г., то в середине 1965 г. можно было бы ожидать заключение окончательного контракта. Как будет решен этот вопрос, покажет будущее.

В Японии до настоящего времени действует неавтоматическая система ПВО, в состав которой входят размещенные в различных частях страны 24 радиолокационных поста, оборудованных радиолокационными станциями дальнего обнаружения ($D=370$ *км*) американской фирмы «Бендикс», радиолокационными высотомерами и аппаратурой связи фирмы «Дженерал Электрик».

Министерство обороны Японии в 1962 г. приняло решение заменить эту систему ПВО полуавтоматической, закупив наиболее подходящую систему у США. В связи с этим намечалось создание в предместьях Токио центра управления, который координировал бы работу 24 действующих радиолокационных постов

с помощью новых средств радио- и проводной связи. Систему предполагалось дополнить современными средствами обработки данных, аппаратурой контроля и управления и средствами радиопротиводействия.

Для решения вопроса о выборе системы в США была направлена бригада специалистов для ознакомления с различными системами ПВО.

Предложения о поставках оборудования для японской системы ПВО последовали от американских фирм «Дженерал Электрик», «Хьюз» и «Литтон», связанных с японскими фирмами.

Фирма «Дженерал Электрик» предложила свою систему ПВО «Бейдж» (BADGE). Для обеспечения нужд Японии потребовалось бы 9 комплектов этих систем, стоимость которых составляла бы около 80 млн. долларов. Фирма «Литтон» предлагала свою систему обработки данных и управления средствами ПВО MTDS («Модикон-2»), известную еще под названием «Джейд». Стоимость ее оценивалась около 50 млн. долларов. Фирма «Хьюз» предложила свою систему ПВО «Токс», которая хотя и не является самой эффективной, но имеет невысокую стоимость — 36,1 млн. долларов.

Министерство обороны Японии приняло решение закупить систему «Токс» с намерением полностью завершить сооружение полуавтоматической системы ПВО к концу 1966 г.

Значительная часть оборудования системы «Токс» будет изготовляться японскими фирмами «Ниппон Электрик», «Токио Сибаура Электрик» и «Мицубиси Электрик Маньюфекчуринг».

Глава 11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПВО «СЕЙДЖ» ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

§ 1. Работы по созданию объединенной системы управления

В связи с увеличением интенсивности воздушного движения, повышением скоростей самолетов и освоением гражданской авиацией больших высот Федеральное авиационное агентство США уже много лет изучает возможности создания современной системы управления воздушным движением (УВД), которая отвечала бы возросшим требованиям гражданского воздушного флота и была бы приемлемой с экономической точки зрения.

В соответствии с этим в США проводились исследования и было разработано несколько проектов как самостоятельной системы для управления полетами гражданской авиации, так и объединенной военно-гражданской системы управления воздушным движением.

В частности, проект специальной полуавтоматической системы централизованной обработки данных DPC предусматривал в своем составе около 50 подсистем, оборудованных современной вычислительной и другой техникой. Проект объединенной военно-гражданской системы с активным запросом и ответом ATCRBS, характеристики которой приняты военными службами США, Англии и Канады в качестве стандартных для систем управления воздушным движением и предварительно отобраны для использования во всех странах, входящих в НАТО, предусматривает оборудование всех гражданских самолетов ответчиками и большое количество наземных радиолокационных постов запросчиками. Кроме того, должно быть переоборудовано большое количество центров управления воздушным движением.

Позднее были начаты работы по проекту «Бикон», предусматривавшему полную перестройку системы УВД, в том числе: разделение систем, управляющих визуальными полетами и полетами по приборам, эшелонирование в воздушном пространстве реактивных, турбореактивных и поршневых самолетов, обеспечение

управления заходом на посадку всех типов самолетов, совершенствование радиолокационных станций, значительное внедрение средств автоматизации и т. д. Эта программа, учитывавшая требования авиации на период 1962—1975 гг., рассчитана на пять лет.

Эти проекты так же, как и ряд других, имеют целый ряд недостатков и нерешенных проблем и требуют больших затрат для их внедрения. Поэтому Федеральное авиационное агентство США давно имело намерение использовать в мирное время систему ПВО «Сейдж» для регулирования воздушного движения.

Изучение этого вопроса началось еще в 1957—1958 гг. с разработки проекта Charm (CAA high altitude remote Monitor), который сначала вела лаборатория Линкольна, а затем фирма «Митра». В результате этой работы была установлена возможность использования системы «Сейдж» для целей управления воздушным движением.

Было определено, что благодаря совмещению обеих систем радиолокационные станции и маяки, а также аппаратура обработки данных будут использоваться одновременно обеими системами, т. е. более эффективно. Обе системы организационно будут разделены, каждая система будет иметь свои индикаторные устройства, средства связи и другое оборудование.

Было показано, что использование совмещенной системы позволит повысить четкость соблюдения интервалов в графике движения при наибольшем уплотнении коридора. При этом указывалось, что основой для регулирования интервалов будут такие входные данные, как планы полетов, доклады экипажей о движении самолетов, данные поисковых радиолокационных станций, маяков и других источников информации. Планы полетов и доклады экипажей будут вводиться в вычислительную машину вручную контролерами службы движения. Данные радиолокационных станций и маяков будут поступать в машину автоматически по линии передачи данных. Команды для регулирования движения будут передаваться самолетам по линиям прямой радиосвязи контролера с пилотом.

Первоначально было решено с помощью объединенной системы обеспечить управление воздушным движением на высотах более 7,2 *км*. В районах со сравнительно малым движением можно будет охватить и более малые высоты. По получении экспериментальных данных предполагалось рассмотреть вопрос о еще большем уменьшении нижнего предела высоты.

Признано, что применение объединенной системы позволит значительно разгрузить действовавшие в то время 30 центров системы управления воздушным движением, обеспечивавших контроль полетов на всех высотах.

На основании этих предварительных данных для решения вопроса о выборе наиболее подходящей системы управления Федеральное авиационное агентство при участии ВВС США в 1959 г.

подписало с фирмой «Митра» контракт на разработку экспериментальной системы управления движением самолетов на воздушных трассах Североамериканского континента с использованием существующей системы ПВО «Сейдж» под шифром «Сатин» и изучение вопроса о целесообразности создания на этой базе действующей системы управления.

В качестве основы объединенной системы предполагалось использовать электронную вычислительную машину на полупроводниках AN/FSQ-7A, которая может обеспечить одновременное выполнение программ ПВО и УВД. В процессе разработки должны быть проверены намеченные принципы объединения двух систем, рассмотрены вопросы технической реализации и получены экспериментальные данные о количестве необходимого обслуживающего персонала, о составе программ вычислительной машины и о достоверности воздушной обстановки, получаемой с помощью средств отображения. Предполагалось, что максимальная загрузка одного центра составит 200—500 регулируемых самолетов в часы «пик».

До пересмотра программы строительства системы «Сейдж» по проекту «Сатин» предполагалось создать объединенные центры совмещенной системы на девяти центрах боевого управления системы «Сейдж» на территории США и на одном таком же центре на территории Канады. Согласно планам предполагалось закончить строительство этих десяти объединенных центров в 1963—1964 гг. и ввести в строй объединенную систему в середине 60-х годов.

В дальнейшем планы были скорректированы и между Федеральным авиационным агентством и Министерством обороны США было заключено соглашение о совместном использовании первоначально трех оперативных центров системы «Сейдж» для целей ПВО и УВД в Гранд-Форксе, Майноте и Грейт-Фолсе. Соглашение было заключено на срок более трех лет, и в нем предусматривалось, что в случае необходимости расторжения соглашения Министерство обороны должно предупредить об этом ФАА за два года. Однако Министерство обороны в начале 1963 г. заявило, что в связи с необходимостью переоборудовать центры для повышения их живучести оно в этом же году будет вынуждено закрыть центры в Гранд-Форксе и Майноте. Таким образом, количество экспериментальных центров объединенной системы сократилось до одного.

В декабре 1963 г. введен в действие единственный экспериментальный совмещенный центр противовоздушной обороны и управления воздушным движением на авиабазе Малмстром близ пункта Грейт-Фолс (шт. Монтана). В связи с этим старый центр управления воздушным движением в Грейт-Фолсе закрыт.

При этом указывалось, однако, что в дальнейшем планируется передача функций управления воздушным движением ряду других центров управления системы «Сейдж» и что эта передача может быть ускорена в связи с проведенной недавно реорганизацией

районов и секторов в системе «Норад», в результате которой были расформированы четыре центра управления секторов и высвобожден персонал в значительном количестве.

§ 2. Работа центра управления системы «Сатин»

Функциональная схема объединенного центра управления системы «Сатин» показана на рис. 11.1. Из схемы видно, что в состав системы «Сатин» из оборудования системы «Сейдж» входят радиолокационные станции и вычислительная машина AN/FSQ-7.

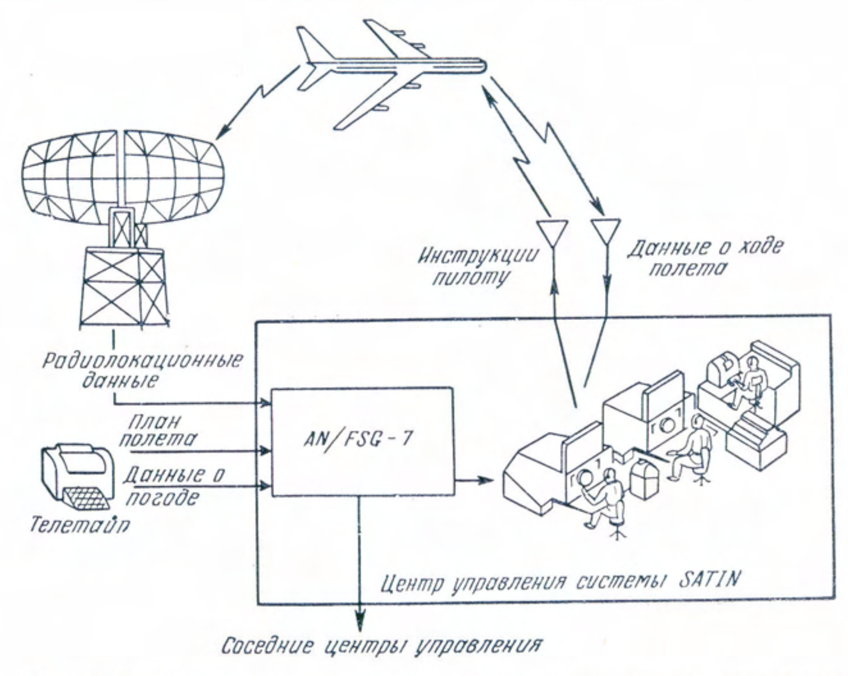


Рис. 11.1. Функциональная схема объединенного центра управления системы «Сатин»

К ним добавляются три пульта управления, вынесенные в отдельное помещение (для исключения помех в работе), средства радиосвязи с самолетами и аппаратура передачи данных для связи с соседними центрами системы «Сатин» и средствами управления воздушным движением.

Одним из основных источников информации в системе «Сатин» и одновременно заявкой на контролируемый системой полет являются представляемые заранее планы полетов самолетов, детально описывающие весь маршрут полета. Затем этот маршрут контролируется по данным радиолокационных станций и запросчиков, являющихся дополнительными источниками информации.

В тех случаях, когда маршруты в планах полетов точно не определены или о них нет данных, данные радиолокационных станций и запросчиков являются основным источником информации о местонахождении самолета. Данные о высоте до последнего времени пилоты операторам сообщали голосом по радио, а после установки на самолетах ответчиков закодированные данные о высоте полета будут передаваться автоматически.

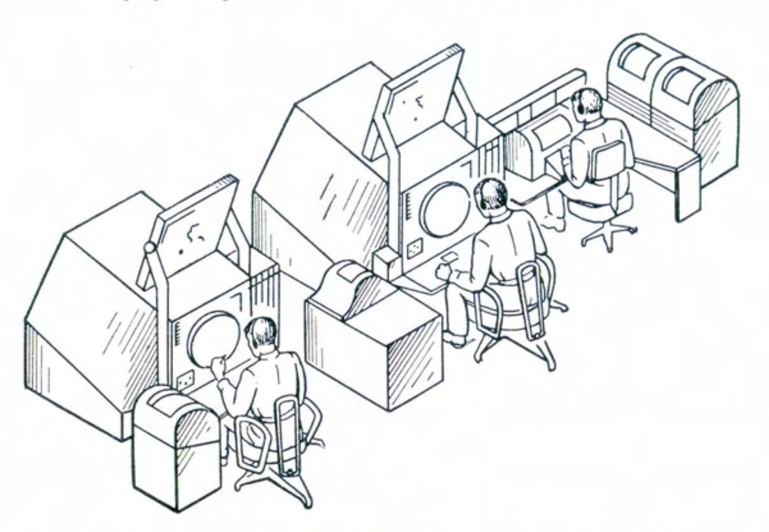


Рис. 11.2. Пульты операторов центра управления системы «Сатин»

Информация о полете самолетов, поступающая от радиолокационных станций и запросчиков, вводится в вычислительную машину автоматически непосредственно. Данные, содержащиеся в представленных планах полетов, сведения о погоде и некоторая другая информация вводятся в машину оператором с пульта ввода информации, который представляет собой обычный телетайп, подключенный непосредственно ко входу вычислительной машины (правый на рис. 11.2).

После поступления всей необходимой информации вычислительная машина AN/FSQ-7 выполняет следующие специфические операции:

— производит прием и обработку информации, вводимой по телетайпу, проверяет эту информацию на наличие ошибок и сообщает об обнаруженных ошибках при приеме информации;

— накапливает информацию о ходе полета;

— определяет время прохождения самолетом контрольных пунктов по маршруту;

— периодически определяет текущие координаты самолета;

— накапливает приходящую от радиолокационных станций и запросчиков информацию для последующей индикации;

— увязывает полученную от радиолокаторов информацию с маршрутом полета;

— прогнозирует маршрут полета;

— увязывает фактический маршрут полета с прогнозируемым;

— накапливает текущие координаты самолета для индикации.

С выхода вычислительной машины на индикаторы пульта наблюдения за обстановкой (левый на рис. 11.2) и пульта управления полетами (средний на рис. 11.2) выдается следующая информация:

— текущая информация от радиолокаторов;

— предшествующая информация от радиолокаторов (пришедшая несколькими минутами раньше);

— запланированные маршруты полетов;

— фактические маршруты осуществляемых полетов с опознавательными знаками маршрутов;

— географические данные: границы секторов и штатов, береговые линии, города, характерные ориентиры на местности, воздушные трассы полетов и др.

Установленные в центре управления индикаторы позволяют видеть цели, находящиеся в зоне наблюдения нескольких соседних радиолокационных станций. При этом каждый самолет на экране индикатора отображается с формуляром, в котором даются буквенно-цифровые обозначения принадлежности, высоты и других характеристик, выдаваемых вычислительной машиной. Вычислительная машина осуществляет автоматическое сопровождение всех радиолокационных целей независимо от наличия на них ответчика.

Пульты наблюдения за обстановкой и управления полетами, кроме индикаторов на электроннолучевых трубках, оборудованы панелями с кнопочной клавиатурой и печатающими устройствами, подключенными к выходу вычислительной машины.

Оператор пульта наблюдения за обстановкой контролирует поступление в машину и отображение всей необходимой для управления воздушным движением информации и в случае необходимости запрашивает или вводит дополнительные данные.

Оператор пульта управления полетами наблюдает фактическую картину полетов и держит постоянную связь с пилотом самолета по радиотелефону. Пилот может сообщить непосредственно оператору необходимую информацию о своем полете, о пересмотренных планах полета или о расчетном времени прибытия на аэродром. Оператор может передать пилоту о препятствиях на пути полета, об отклонениях от плана полета и другую информацию инструктивного характера. В сложных и необычных ситуациях обслуживающий персонал центра принимает окончательное решение и вносит соответствующие коррективы в работу вычислительной машины либо передает пилоту соответствующие указания.

В настоящее время полагают, что особой необходимости в автоматических линиях передачи данных типа «земля — воздух» или «воздух — земля» не возникает.

Передача данных о ходе полетов, вырабатываемых вычислительной машиной, в соседние центры управления воздушным движением, на конечные пункты полета и на контрольно-диспетчерские пункты производится автоматически с выхода вычислительной машины AN/FSQ-7.

Первый экспериментальный авиационно-диспетчерский центр управления на базе ВВС США Малмстром должен обслуживать большой район, простирающийся приблизительно на 975 *км* с запада на восток и на 350 *км* с севера на юг.

Пропускная способность центра позволит обслуживать одновременно 100 полетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крысенко Г. Д. Методы и средства управления боевыми действиями ПВО в капиталистических странах (система ПВО США «Сейдж»). Обзор. М., 1961.

2. Гончаренко М. Н. Кибернетика в военном деле. Изд-во ДОСААФ, 1960.

3. Синяк В. С. Военное применение электронных вычислительных машин. Воениздат, 1963.

4. Соловейчик И. и Анищенко П. Знаковая индикация и ее применение в современных радиоэлектронных системах. Изд-во «Советское радио», 1959.

5. Proceedings of the Eastern Joint Computer Conference, 9-13/XII 1957 г., стр. 148—163.

6. Proceedings of the Western Joint Computer Conference, 1957 г., стр. 146—156.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Георгий Дмитриевич Крысенко

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПВО

М., Воениздат, 1966 — 244 стр.

Редактор *Ерлыкин Л. А.*

Технический редактор *Каленова М. Н.* Корректор *Заикина З. И.*

Сдано в набор 8.2.66 г. Подписано к печати 12.10.66 г.

Г-32389

Формат бумаги 60×90 1/16 — 15 1/4 печ. л. — 15,25 усл. печ. л. — 15,736 уч.-изд. л.

Тираж 10 000 экз.

Изд. № 6/7933 *Цена 75 коп.* Зак. № 658

2-я типография Военного издательства Министерства обороны СССР

Ленинград, Д-65, Дворцовая пл., 10

Цена 75 коп.